

# Projetos Geotérmicos, para usos diretos em Portugal Continental

Tipologias e Viabilidade Económica

Márcia Raquel Jorge Pires

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em  
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Engenharia Mecânica



2 de janeiro de 2014



Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do Mestrado em  
Energias Sustentáveis

Candidato: Márcia Raquel Jorge Pires, N° 1081702, 1081702@isep.ipp.pt

Orientação Científica: José Martins Carvalho, jom@isep.ipp.pt

Mestrado em Energias Sustentáveis  
Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto



2 de janeiro de 2014



*Á minha Avó, aos meus Pais e Irmã*



## *Agradecimentos*

Ao meu orientador, Professor José Martins Carvalho, por ter sido um pilar importante ao longo de todo o meu percurso académico, especialmente nesta ultima fase, pois foi uma das pessoas que sempre acreditou em mim, e na minha tese.

“Terei todo o prazer de acompanhar a tua tese, como teu orientador, pois se não forem os velhos a ensinarem os novos, jamais faremos o País andar em frente”.

Aos meus pais que me apoiaram ao longo de todo o curso, com a paciência suficiente para me elucidarem a manter-me no caminho mais correto.





## *Resumo*

Os aproveitamentos geotérmicos têm vindo a aumentar significativamente em todo o mundo, sendo os Estados Unidos da América, o maior produtor desta energia proveniente do interior da Terra, com cerca de 3.187 MW de capacidade instalada.

Portugal tem capacidade instalada total de 29 MW, no entanto no que se refere ao aproveitamento de “alta entalpia”, isto é, o aproveitamento geotérmico para produção elétrica, apenas se encontra no arquipélago dos Açores, na ilha de S. Miguel, onde estão instaladas e em funcionamento duas centrais geotérmicas com a potência total de 23 MW, com produção de energia de 185 GWh.

Em Portugal Continental, não se consegue produzir energia elétrica devido às temperaturas existentes, restringindo esta utilização apenas ao aproveitamento de baixa entalpia (máximo de 76 °C). Este aproveitamento normalmente é feito em cascata, segundo, predominando o aquecimento de águas sanitárias, climatização, e para termas, usando águas termominerais.

Para a exploração deste recurso renovável, é necessário conhecer a hidrogeologia do país, e relacioná-la com a fracturação, e acidentes tectónicos. Portugal Continental, está dividido em quatro partes distintas a nível hidrogeológico, o Maciço Antigo, a Orla Ocidental, a Bacia Tejo-Sado e a Orla Meridional. Qualquer aproveitamento geotérmico em Portugal terá de atender a estas características, potenciando também, novas explorações geotérmicas orientadas para as pessoas, respeitando os valores sociais, culturais e ambientais. Neste contexto, existem alguns complexos geotérmicos em funcionamento, outros abandonados, e muitos outros em estudo para uma breve aplicação.

Um exemplo de sucesso no aproveitamento do calor geotérmico, é o complexo de Chaves, que foi evoluindo desde 1985, até aos dias de hoje, continuando em exploração e em expansão para um melhor servir da população local. A existência de dois furos, e brevemente dum terceiro, servem para o abastecimento duma piscina, dum hotel, das termas, e da balneoterapia. Devido à riqueza a nível das temperaturas, dos caudais, e ao nível das necessidades energéticas existentes, este complexo apresenta um tempo de

retorno de investimento de cerca de 7 anos, o que é geralmente considerado para investimentos para fins públicos, como é o caso.

No âmbito das investigações agora realizadas, foi constatado que estes projetos suportam a cobertura de alguma incerteza hidrogeológica, dada a importante procura existente.

### ***Palavras-Chave***

*Bomba de Calor, Energia, Geologia, Geotermia, Hidrogeologia, Permutador de Calor, Portugal.*

## *Abstract*

The geothermal utilization has increased significantly worldwide, being the United States of America, the largest producer of energy from the Earth's interior, with approximately 3.187 MW of installed capacity.

Portugal has a total installed capacity of 29 MW. Due to its volcanic origin the exploitation of geothermal electricity production, is only found in Azores Archipelago, on the island of St. Miguel, where it is installed and running two geothermal power plants with a total power of 23 MW, and with an energy production of 185 GWh .

In mainland Portugal, we can't produce electricity due to the existing temperatures, restricting the application of low temperature sources (maximum 76 °C). This exploitation is usually cascaded, predominantly water heating, climatization, and spa, using thermal waters.

For the exploitation of this renewable resource, it is necessary to know the hydrogeology of the country, namely the tectonical framework. Mainland Portugal is divided into four distinct hydrogeological parts: the Maciço Antigo, Orla Ocidental, Bacia Tejo-Sado and the Orla Meridional. Must be aware of these characteristics, when developing new geothermal projects oriented to people, respecting the social, cultural and environmental values. Therefore, there are a few geothermal operations, other are abandoned, and many others are study for future application.

An example of success in the usage of heat from the Earth, is the Chaves geothermal complex, which has evolved since 1985, until today, which is in operation and expanding to serve better the local population. Existing two wells, and briefly from a third, is pumped to supply a swimming pool, a hotel, the spa, and balneotherapy. Due to wealth's temperatures level, pumping rates of these wells, and the existence of adequate energetic needs, this complex run with a pay-back time of about 7 years.

Quite surprisingly the investigation reported here demonstrates that this kinds of projects, given the demand, are able to deal with geological uncertainty (the mining risk).

***Keywords***

*Energy, Geology, Geothermal Energy, Heat-pump, Heat exchanger, Hydrogeology, Portugal.*

# *Índice*

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>XIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XV</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Organização do relatório .....	3
<b>2. UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Nota Histórica .....	6
2.2. Tipos de Aproveitamento Geotérmico .....	9
<b>3. USOS GEOTÉRMICOS EM PORTUGAL CONTINENTAL .....</b>	<b>25</b>
3.1. Hidrogeologia.....	26
3.2. Localização e modos de Ocorrência de Recursos de Geotérmicos em Portugal Continental .....	35
3.3. Legislação.....	45
<b>4. PROJETO DE APROVEITAMENTO GEOTÉRMICO - CHAVES.....</b>	<b>47</b>
4.1. Fase I – Estudo do recurso geotérmico .....	47
4.2. Fase II – Captação.....	49

4.3.	Fase III - Monitorização.....	52
5.	<b>VIABILIDADE ECONÓMICA.....</b>	<b>61</b>
5.1.	Caracterização Energética para os Consumidores .....	63
5.2.	Benefícios ambientais.....	67
6.	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>69</b>
6.1.	Análise do Capítulo 4 e 5 .....	71
7.	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>73</b>
8.	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>
8.1.	Anexo 1 – Planta das Termas de Chaves .....	79
	.....	81
8.2.	Anexo 2 – Esquema do sistema de aproveitamento do projeto de Chaves .....	83
	.....	85
8.3.	Anexo 3 – Estudo de viabilidade económica .....	87

## *Índice de Figuras*

Figura 1 – Limite das placas tectónicas .....	6
Figura 2 – Principais países produtores de energia elétrica proveniente da geotermia.....	7
Figura 3 - Evolução dos usos diretos (MWt), em todo o mundo de 1995 a 2010.....	11
Figura 4 - Capacidade em MWt, de usos diretos em todo o mundo de 1995 a 2000.....	12
Figura 5 - Captação de água em Monção.....	13
Figura 6 – Esquema de exploração de recursos geotérmicos de baixa entalpia.....	14
Figura 7- Principais componentes de uma bomba de calor.....	16
Figura 8 - Bomba de Calor com coletores enterrados .....	17
Figura 9 - Circuito horizontal de coletores enterrados .....	19
Figura 10 - Circuito Vertical de coletores enterrados. ....	19
Figura 11 - Circuito em aquífero.....	20
Figura 12 – EGS: Enhanced Geothermal Systems.....	21
Figura 13 - Hidrogeologia de Portugal Continental .....	27
Figura 14 – Esquema tectono-estratigráfico de Portugal Continental.....	29
Figura 15 - Representação da precipitação, em mm, adaptado à escala 1/1.000.000.....	30
Figura 16 – Esquema das principais falhas ativas do Quaternário .....	30
Figura 17 - Orla Ocidental .....	32
Figura 18 - Orla Meridional .....	33
Figura 19 - Bacia Tejo-Sado .....	34
Figura 20 - Distribuição, por temperaturas, das ocorrências termais nas grandes unidades estruturais. ....	39
Figura 21 - Distribuição das ocorrências termais com temperaturas superiores a 20°C . ....	40
Figura 22 - Execução do furo de Caldas de Monção. ....	43
Figura 23 - Decreto-Lei 90/90 de 16 Março. Legislação, prospeção, pesquisa e exploração .....	46
Figura 24 – Campo Geotérmico de Chaves .....	48
Figura 25 – Zona de Captação AC1 .....	53
Figura 26 – Zona de Captação AC2 .....	54
Figura 27 – Sistema de controlo do furo AC1.....	55
Figura 28 – Painel de Controlo do furo AC2 .....	56
Figura 29 – Sistema by-pass da central geotérmica .....	56
Figura 30 – Sistema de envio e receção de água, para o hotel .....	57
Figura 31 – Depósitos de água com capacidade de armazenamento para 30.000 litros.....	58
Figura 32 – Captação por poço de Chaves (Freire de Andrade) .....	59





## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Capacidade geotérmica instalada em MW, adaptado de (GEA, 2013) .....	8
Tabela 2 – Diagrama de Lindal, adaptado de (LÍNDAL, 1973). .....	10
Tabela 3 - Características das emergências termais em Portugal Continental adaptado de (LOURENÇO & CRUZ, Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental, 2005) .....	37
Tabela 4 – Projetos de aproveitamento geotérmico em Portugal Continental .....	42
Tabela 5 - Características gerais dos dois furos .....	51
Tabela 6 - Características físico-químicas da água - gerais .....	51
Tabela 7 - Características físico-químicas da água - catiões .....	52
Tabela 8 - Características físico-químicas da água - aniões .....	52
Tabela 9 - Energia e Potência disponíveis em cada um dos furos, AC1 e AC2 .....	62
Tabela 10 - Caudal e temperatura esperada para a o furo AC3 .....	62
Tabela 11 - Energia e Potência Requerida .....	63
Tabela 12 - Equivalências, rendimentos e custos unitários .....	63
Tabela 13 - Consumos e custos de energia .....	63
Tabela 14 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento .....	65
Tabela 15 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento .....	66
Tabela 16 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento .....	67
Tabela 17 – Período de retorno dos diversos empreendimentos geotérmicos em Portugal Continental (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012) .....	71
Tabela 18 – Mapa da realização física do projeto – Cenário A .....	87
Tabela 19 - Mapa do custo de investimento por data de pagamento – Cenário A .....	87
Tabela 20 – Mapa de amortização e valor contabilístico do imobilizado – Cenário A .....	87
Tabela 21 – Mapa do valor residual líquido do ativo imobilizado – Cenário A .....	88
Tabela 22 – Mapa de reembolso do empréstimo – Cenário A .....	88
Tabela 23 – Cálculo do investimento em necessidade de fundo de maneo – Cenário A .....	89
Tabela 24 – Mapa do serviço previsional da dívida – Cenário A .....	89
Tabela 25 – Mapa resumo do investimento total e composição do mesmo – Cenário A .....	89
Tabela 26 – Demonstração dos resultados previsionais – Cenário A .....	90
Tabela 27 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário A ..	90
Tabela 28 – Fluxos Financeiros (Cash-Flow Global) – Cenário A .....	91
Tabela 29 – Fluxos Financeiros ou Cash-Flow Global do Investidor – Cenário A .....	91
Tabela 30 – Demonstração dos resultados previsionais (sem encargos financeiros) – Cenário A ..	91

Tabela 31 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário A..	92
Tabela 32 – Fluxos Financeiros (Free Cash-Flow) – Cenário A .....	92
Tabela 33 – Demonstração dos fluxos de caixa previsional – Cenário A .....	92
Tabela 34 - Balanço previsional - Cenário A .....	93
Tabela 35 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores – Cenário A.....	93
Tabela 36 – Custo médio ponderado de capital (sem poupança fiscal) – Cenário A .....	94
Tabela 37 – Custo médio ponderado de capital (com poupança fiscal) – Cenário A.....	94
Tabela 38 – Estimação da TIR Global – Cenário A.....	94
Tabela 39 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário A.....	94
Tabela 40 - Estimação do período de recuperação de capital - Cenário A.....	95
Tabela 41 – Mapa da realização física do empréstimo – Cenário B .....	96
Tabela 42 – Mapa do custo do investimento em euros, por datas de pagamento – Cenário B.....	96
Tabela 43 – Mapa de amortização do valor contabilístico imobilizado – Cenário B.....	96
Tabela 44 – Mapa do valor residual líquido do ativo imobilizado – Cenário B.....	97
Tabela 45 – Mapa do reembolso do empréstimo – Cenário B .....	97
Tabela 46 – Cálculo do investimento em necessidade de fundo de maneo – Cenário B .....	98
Tabela 47 – Mapa do serviço previsional da dívida – Cenário B.....	98
Tabela 48 - Mapa do resumo do investimento e a composição do mesmo – Cenário B .....	98
Tabela 49 – Demonstração dos resultados previsionais – Cenário B.....	99
Tabela 50 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário B..	99
Tabela 51 – Fluxos financeiros (Cash-flow global) – Cenário B .....	99
Tabela 52 – Fluxos financeiros (Cash-flow do investidor) – Cenário B .....	100
Tabela 53 – Demonstração dos resultados previsionais, sem encargos financeiros – Cenário B...	100
Tabela 54 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário B	100
Tabela 55 - Fluxos financeiros (Free-cash flow) - Cenário B .....	101
Tabela 56 – Demonstração dos fluxos de caixa previsionais – Cenário B.....	101
Tabela 57 - Balanço previsional - Cenário B .....	102
Tabela 58 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores – Cenário B.....	103
Tabela 59 – Custo médio de ponderado de capital investido, WACC, sem poupança fiscal – Cenário B.....	103
Tabela 60 - Custo médio de ponderado de capital investido, WACC, com poupança fiscal – Cenário B.....	103
Tabela 61 – Estimação da TIR global – Cenário B .....	103
Tabela 62 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário B .....	104
Tabela 63 – Estimação do período de recuperação de capital – Cenário B.....	104
Tabela 64 – Mapa da realização física do investimento – Cenário C.....	105
Tabela 65 – Mapa do custo de investimento por datas de pagamento – Cenário C .....	105
Tabela 66 – Mapa de amortização do valor contabilístico do imobilizado – Cenário C.....	105
Tabela 67 – Mapa do valor residual do ativo imobilizado – Cenário C.....	106

Tabela 68 - Mapa de reembolso do empréstimo - Cenário C.....	106
Tabela 69 - Cálculo do investimento em necessidade de fundo de manio – Cenário C.....	107
Tabela 70 – Mapa do serviço previsional de dívida – Cenário C.....	107
Tabela 71 - Mapa do resumo do investimento total e da sua composição – Cenário C.....	107
Tabela 72 – Resultados previsionais – Cenário C.....	107
Tabela 73 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário C	107
Tabela 74 – Fluxos Financeiros (Cash-flow global) – Cenário C.....	107
Tabela 75 - Cash-flow do investidor - Cenário C .....	107
Tabela 76 – Demonstração dos resultados previsionais (sem encargos financeiros) – Cenário C.	107
Tabela 77 - Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário C	107
Tabela 78 - Fluxos Financeiros (Free Cash-Flow) – Cenário C.....	107
Tabela 79 - Demonstração dos fluxos de caixa previsional - Cenário C.....	107
Tabela 80 – Balanço Previsional – Cenário C.....	107
Tabela 81 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores – Cenário C.....	107
Tabela 82 – Custo médio ponderado de capital – WACC sem poupança fiscal – Cenário C.....	107
Tabela 83 - Custo médio ponderado de capital – WACC com poupança fiscal – Cenário C .....	107
Tabela 84 – Estimação da TIR global – Cenário C.....	107
Tabela 85 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário C.....	107
Tabela 86 – Estimação do período de recuperação de capital – Cenário C .....	107







# 1. Introdução

## 1.1. Contextualização

Desde os tempos mais remotos, que o Homem, tal como todos os animais, tem como instinto a sua sobrevivência. Ao longo da evolução humana, a sobrevivência passou de prioridade a algo comum e natural, preocupando-se apenas com problemas diários e singulares, deixando de parte valores que caracterizavam de forma exemplar, pessoas.

Passando da madeira, ao carvão, e do carvão ao petróleo, sentiram-se diversas crises industriais e várias crises petrolíferas, que fizeram com que os preços dos combustíveis aumentassem de forma exponencial, fazendo com que o Homem encontrasse alternativas economicamente viáveis, despertando a consciência para todos os malefícios provocados à mãe Terra, criando assim formas de produção de energia sustentável, sem danificar o ciclo de vida de todos os seres vivos.

Um dos fascínios do Homem é saber o que aconteceu para a formação do Planeta Terra, dando cada vez mais credibilidade às teorias existentes, e como tal, os estudos geológicos são dos ramos mais importantes para o mesmo, no entanto a necessidade existente de querer saber sempre mais, de criar mais, de solucionar sempre, leva-nos à criação de meios para produzir energia de forma a, poupar bens monetários e diminuir o consumo de combustíveis fósseis, criando assim diferentes formas de produção de energia renovável, tais como, eólica, solar, biomassa, cogeração, ondas e geotermia.

As aplicações da geotermia no mix renovável, são uma mais-valia para os que beneficiam da mesma. Cada estudo de caso é único, pois para cada aplicação geotérmica serão necessárias temperaturas e profundidades específicas, tendo em conta as condições geológicas e geotérmicas presentes. O solo e subsolo e as suas características geomecânicas e geotérmicas, são também únicas, pois não existem grandes extensões de camada subterrânea idênticas. Existem sim, particularidades específicas que diferenciam zonas de forma a tornar tal ciência tão interessante.

O conhecimento existente, sugere que Portugal também possui recursos que podem vir a ser explorados, devido à existência de granitos radiogénicos, com elevada capacidade de geração de calor resultante do decaimento radioativo de alguns dos elementos constituintes, a existência de espessas bacias sedimentares com aquíferos quentes, bem como a ocorrência de falhas profundas que possam possibilitar a ascensão de fluidos profundos (LOURENÇO, MELO, & ROSA, Geotermia em Portugal Continental, 2010).

## **1.2. Objetivos**

O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem como objetivo principal a análise das aplicações da fonte de energia renovável – geotermia – no sector de aplicações diretas, em Portugal Continental, conhecendo de forma concisa a hidrogeologia e a sua relação com o aproveitamento geotérmico. Para tal, analisou-se um caso tipo - Central Geotérmica de Chaves, conhecendo os seus benefícios, tanto económicos como ambientais.

Tendo em conta, a consciencialização da população para os fatores ambientais que são, cada dia, evidenciados de forma negativa, é de todo o interesse potenciar as várias tecnologias de aproveitamento das energias renováveis com o objetivo da redução da pegada ecológica, como também a redução da dependência energética.

O conhecimento e estudo das emergências termais, em Portugal Continental, de modo a evidenciar as potencialidades do país para o aproveitamento de tal energia é um fator essencial para o desenvolvimento do mesmo.

Localizar potenciais locais para a exploração geotérmica, avaliando economicamente tal investimento, de modo a incentivar a criação de obras geotérmicas é um desafio motivador.



### **1.3. Organização do relatório**

O relatório está organizado em sete capítulos, analisando o território português a nível geotérmico, dando ênfase aos recursos geotérmicos de baixa entalpia.

O presente capítulo 1 (Introdução) constitui um enquadramento da geotermia na sociedade atual, referindo os objetivos para a dissertação.

O capítulo 2 (Geotermia) pretende abordar a geotermia no seu todo, identificando as formas possíveis de aproveitamento geotérmico, da reduzida à elevada entalpia.

O capítulo 3 (Usos Geotérmicos em Portugal Continental) caracteriza a hidrogeologia de Portugal Continental, e os projetos de geotermia existentes no país. Tais informações são essenciais para o desenvolvimento duma obra geotérmica.

O capítulo 4 (Projeto de Aproveitamento Geotérmico-Chaves) indica as fases do desenvolvimento do projeto da central de geotermia em Chaves.

O capítulo 5 (Viabilidade económica) apresenta um estudo económico para três cenários diferentes do complexo geotérmico de Chaves, evidenciando qual o cenário mais viável.

O capítulo 6 (Conclusões e Recomendações) pretende dar um sentido lógico para todo o trabalho de pesquisa realizado.

O capítulo 7 (Referências bibliográficas) identifica todas as referências bibliográficas que serviram de pesquisa, consulta, e essenciais para todo o desenvolvimento desta tese.



## 2. Utilização de Energia Geotérmica

A energia solar que atinge a superfície da Terra é cerca de 3 000 vezes superior à que ascende do seu interior. O fluxo de calor global ( $4,2 \times 10^{13}$  W), é bastante inferior ao calor recebido do Sol ( $7,1 \times 10^{17}$  W) (CHAMINÉ, 2008).

Cerca de 70% desta energia solar é absorvida pelo solo, plantas, oceanos e atmosfera, enquanto os restantes 30% são refletidos para o espaço. A convecção ocorre quer no manto quer no núcleo e dele resulta uma transferência efetiva de calor do interior para a superfície da Terra. Na litosfera o calor é transferido por condução. O calor é transmitido átomo a átomo, de zonas de mais alta temperatura para zonas de mais baixa temperatura. A condução térmica litosférica é bastante menos eficiente que a convecção mantélica, pois as rochas são consideradas maus condutores térmicos, dificultando assim a passagem de calor (CHAMINÉ, 2008).

Os locais favoráveis para a exploração do calor proveniente da Terra para aproveitamento geotérmico estão diretamente relacionados com a localização e limites das placas tectónicas, pois nestes locais consegue-se atingir um elevado gradiente geotérmico, logo consegue-se temperaturas bastante elevadas, a profundidades consideravelmente reduzidas.

Na figura 1, é possível visualizar o limite das placas tectónicas existentes, e os pontos quentes distribuídos. É notável, que um dos pontos quentes existentes encontra-se em Portugal, mais precisamente nos Açores, associado à junção tripla das placas Norte Americana, Euroasiática e Africana.

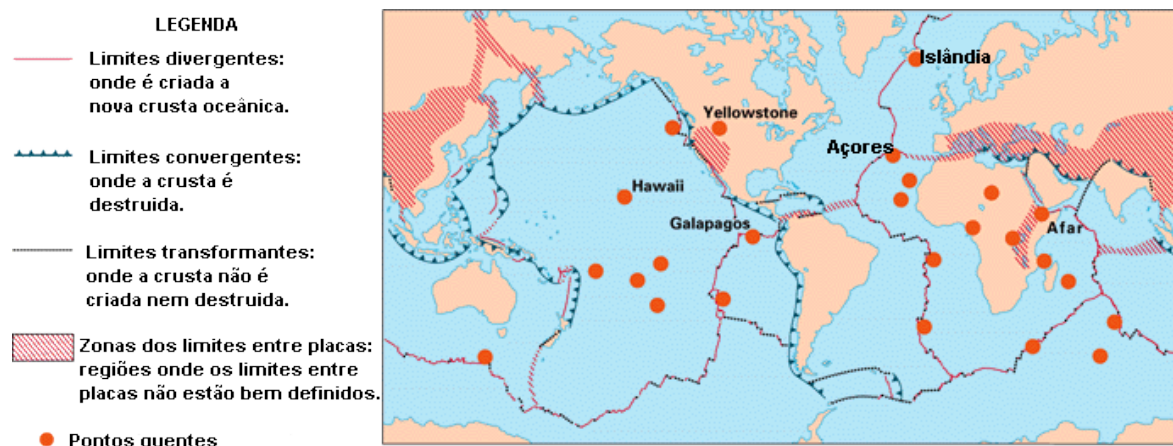


Figura 1 – Limite das placas tectónicas (Terra Planeta Vivo)

## 2.1. Nota Histórica

Em todo o Mundo, e desde os tempos mais remotos, o Homem utilizava em locais propícios, o calor do solo ou de certas águas para cozinhar, para tratamentos medicinais, para banhos, ou até para rituais. Na Europa romana, as águas termais foram, desde sempre, utilizadas na balneoterapia, pois existem vestígios de termas com grande importância em Portugal, e noutros países Europeus.

Já no início do século XX, em 1904, em Larderello, Itália, surgiu a primeira tentativa de gerar eletricidade a partir de fontes geotérmicas. Contudo, esforços para produzir uma máquina para aproveitar tais fontes foram, mal sucedidos. Em 1913, uma central de 250 kW foi construída com sucesso, e durante a Segunda Guerra Mundial 100 MW estavam a ser produzidos. Desde então, houve um aumento crescente na produção de energia geotérmica, e hoje são produzidos 1771 GWhe/ano (BERTANI, 2013).

Atualmente, são produzidos anualmente por sete países da Europa, 5,8 TWhe sendo a potência total instalada de 1 GWe (ADENE & INETI, 2001). Estão instaladas e em

funcionamento regular duas centrais geotérmicas de fluido binário com a potência total de 23 MWe na Ilha de S. Miguel, Açores. A energia produzida (185 GWh) corresponde a 42% dos consumos elétricos de S. Miguel e a 22% da procura total do arquipélago. Na ilha Terceira estão a ser reavaliados vários poços de produção anteriormente realizados com os quais se pensa poder vir a instalar uma central-piloto com a potência de 3 MWe (CARVALHO, COELHO, NUNES, & CARVALHO, 2013).

De acordo com a GEA – Geothermal Energy Association (Geothermal Energy Association, 2013), os Estados Unidos da América tem atualmente cerca de 3.386 MW de capacidade geotérmica instalada, tornando-os no maior produtor à escala mundial, como é possível verificar na figura 2.



Figura 2 – Principais países produtores de energia elétrica proveniente da geotermia adaptado de (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012; Geothermie, 2000)

É possível verificar que os maiores produtores estão distribuídos aleatoriamente ao longo do globo. Destacando-se a América do norte e central, e alguns países do continente asiático. Assim sendo, a tabela 1, indica a capacidade geotérmica instalada em MW em todo o mundo.

Tabela 1 - Capacidade geotérmica instalada em MW, adaptado de (GEA, 2013)

Nº	País	Capacidade Instalada (MW)
1	EUA	3.187
2	Filipinas	1.904
3	Indonésia	1.222
4	México	958
5	Itália	883
6	Nova Zelândia	768
7	Japão	661
8	El Salvador	204
9	Quênia	202
10	Costa Rica	208
11	Nicarágua	124
12	Rússia	82
13	Turquia	93
14	Papua	56
15	Guatemala	52
16	Portugal	29
17	China	24
18	França	16
19	Etiópia	7
20	Alemanha	7
21	Áustria	1
22	Austrália	1
23	Tailândia	0,3
	<b>Total</b>	<b>11.224,3</b>

Através da análise da tabela 1, é possível verificar a capacidade instalada em todo o mundo, destacando-se nos três primeiros lugares, os EUA, seguidamente as Filipinas e por último Indonésia, com um total de capacidade instalada de 6.313 MW, correspondendo a cerca de 56% do valor total de capacidade instalada.

## 2.2. Tipos de Aproveitamento Geotérmico

O conjunto de ciências e técnicas que estudam e exploram o calor proveniente do interior da terra, designa-se por, Geotermia. "Geotermia" deriva de duas palavras gregas - "geo" significa terra e "termia" que provém de "térmica" que por sua vez, significa calor. O aproveitamento geotérmico está presente em todos os subsolos e em todos os climas, com variações de temperatura e profundidades, dando assim utilidades distintas ao calor interno.

Tal extração, tem como principal objetivo a utilização de um recurso, considerado renovável (quando feito de forma consciente), de modo a reduzir custos, não prejudicar o ambiente, beneficiando duma conduta sustentável.

Existem quatro formas de utilizar o calor proveniente da Terra:

- Centrais geotérmicas – aproveitamento direto de fluidos geotérmicos em centrais a altas temperaturas ( $> 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), para movimentar uma turbina e produzir energia elétrica, tendo em consideração a estrutura das formações geológicas e a composição das rochas.
- Utilização direta – reservatórios geotérmicos de temperaturas baixas e moderadas ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) podem ser aproveitadas diretamente para fornecer calor para a indústria, aquecimento ambiente, termas e outros aproveitamentos comerciais;
- Bombas de calor geotérmicas – aproveitam as diferenças de temperatura entre o solo e o ambiente, fornecendo calor e frio;
- Sistemas Geotérmicos Estimulados (EGS) – reservatórios cujo gradiente geotérmico é baixo, com profundidades elevadas (3-5 km), necessitando de ser estimulados para aumentar a sua permeabilidade;

A utilização do calor proveniente do interior da Terra, deve ser idealizada em cascata, com utilização progressiva de temperaturas.

No processo de aquecimento, ou de produção de eletricidade, praticamente toda a gama de temperaturas de fluidos geotérmicos, vapor e água, podem ser utilizados de uma forma ou de outra. No entanto para aplicações específicas exigem temperaturas de alimentação de energia geotérmica definidas, independentemente da necessidade de água ou vapor. Os requisitos mínimos de temperatura são, na maior parte das vezes, um fator limitante na

conceção de um processo, e temperaturas elevadas geralmente podem ser facilmente ajustadas (LÍNDAL, 1973). A tabela 2, organiza algumas aplicações tendo em conta uma escala de temperaturas de fluidos geotérmicos, aproximando os requisitos de temperaturas para diferentes aplicações.

Tabela 2 – Diagrama de Lindal, adaptado de (LÍNDAL, 1973).

	Temperaturas (°C)	Utilizações Possíveis	
Vapor Sobresaturado	200		
	190		
	180	Evaporação de soluções concentradas Refrigeração por ciclo de amoníaco Digestão de polpa de papel	↑ Produção Elétrica Convencional
	170	Fabrico de água pesada – método SH2 Recozimento de terras de diatomite	
	160	Secagem de farinha de peixe Secagem de madeiras para construção	↓
	150	Preparação de alumina pelo processo de Bayer	
	140	Secagem de produtos agrícolas	↑ Produção Elétrica por Ciclo Binário
	130	Refinação de açúcar Extração de sais por evaporação	
	120	Destilação de água doce	↓
	110	Secagem de placas de cimento pré-fabricado	
Água	100	Secagem de algas Secagem de lãs Esterilização dos solos das estufas	↓
	90	Secagem de peixe	
	80	Aquecimento de edificios por convecção	
	70	Limite inferior dos ciclos de refrigeração	
	60	Aquecimento de estufas	↑ Aquecimento por Bombas de Calor
	50	Usos em estâncias termais	
	40	Aquecimento dos solos	
	30	Águas para piscinas (uso direto)	
	20	Piscicultura (uso direto)	↓



Através da análise do diagrama de Lindal, consegue-se verificar, que é possível dar utilidade à água extraída para usos diretos a partir dos 20 °C até os 90 °C, para aquecimento ambiente, de águas, piscicultura ou mesmo em processos industriais. Torna-se mais atrativa a extração de água para temperaturas elevadas, superiores a 90 °C, em locais cujo calor ascenda à superfície através de atividade vulcânica, devido a profundidades reduzidas, a um custo reduzido, pois é possível a produção de energia elétrica, que é considerada um bem de necessidade básica, na sociedade atual.

No decorrer dos últimos anos, houve um aumento bastante considerável da exploração geotérmica para uso direto em todo o mundo. Com recurso à figura 3, é possível visualizar o aumento exponencial dos usos diretos, aumentando a produção de mais de 41.000 MWt ao longo de 15 anos.

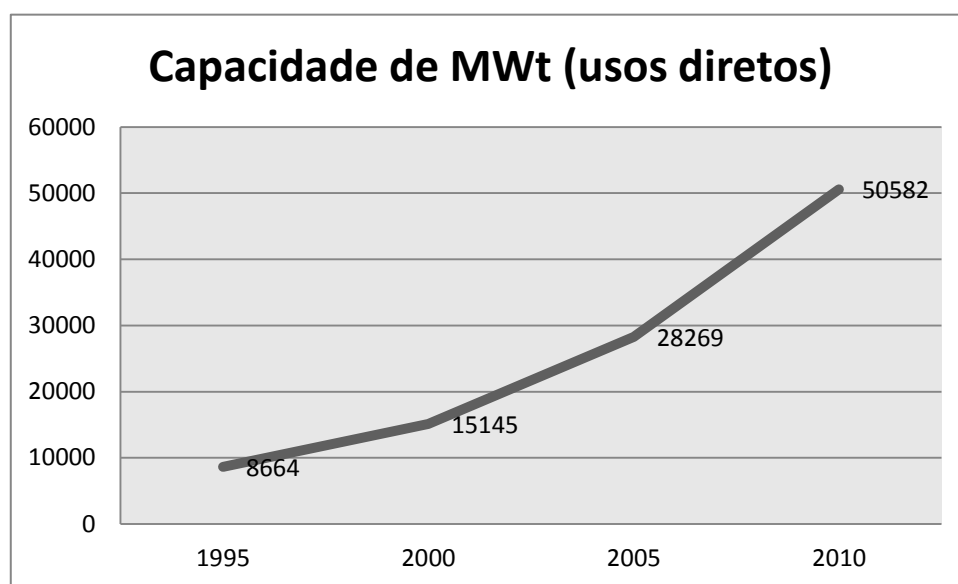


Figura 3 - Evolução dos usos diretos (MWt), em todo o mundo de 1995 a 2010 (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012)

Através da figura 4, é possível verificar a tipologia dos usos geotérmicos à escala mundial para usos diretos. Tendo como prevalência as aplicações para aquecimento, com recurso a permutador, ocupando cerca de 30% de toda a exploração, seguindo-se as bombas de calor com 21%.

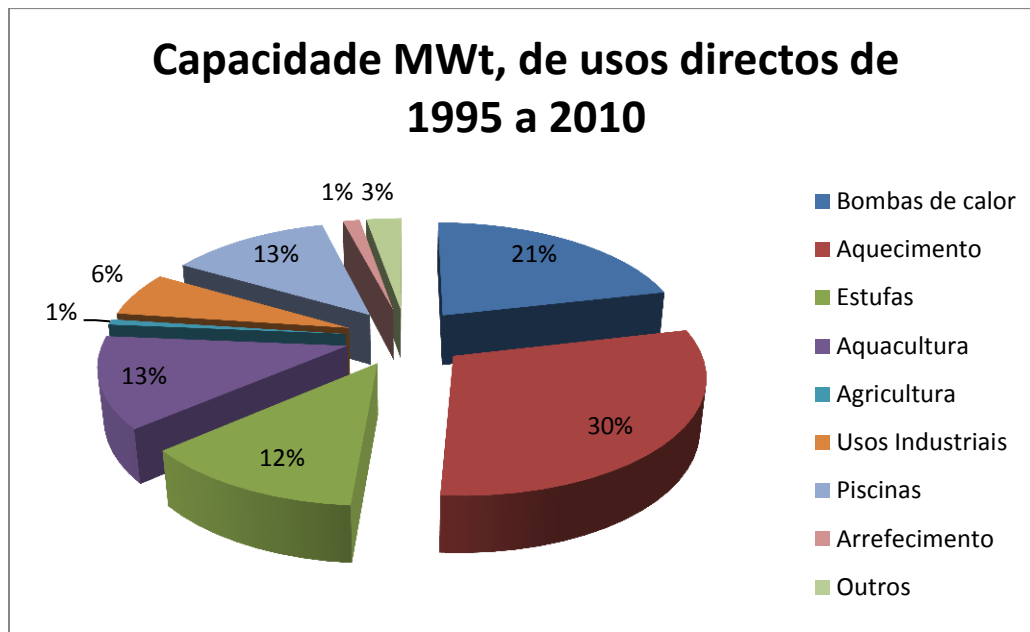


Figura 4 - Capacidade em MWt, de usos diretos em todo o mundo de 1995 a 2000 adaptado de (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012)

A temperatura e a pressão nos reservatórios permitem estabelecer a classificação seguinte, (Generation, 2013):

- Reservatório de vapor seco

Temperaturas muito elevadas, produzindo assim, muito vapor e pouca água. O vapor encontra-se a elevadas pressões, e é enviado diretamente por tubos até uma central determinada central, fornecendo energia capaz de mover as turbinas e assim gerar eletricidade.

- Reservatório com água dominante

Alguns reservatórios produzem maioritariamente água quente, cuja temperatura varia entre 150 °C e 370 °C. Tal temperatura não é suficientemente quente para produzir vapor capaz de girar as turbinas, então através dum poço, a água ascende á superfície dirigindo-se para um separador, onde é transformada em vapor, e seguidamente aciona as turbinas.

Nalguns casos os reservatórios de água com variações de temperatura entre 120 °C a 180 °C não são suficientemente quentes para produzir vapor, no entanto podem produzir

eletricidade através dum sistema binário. Assim sendo, a água quente passa por um processo de troca de calor com outro líquido. Como este fluido entra em ebulição a uma temperatura mais baixa do que a da água, com a troca de calor ele transforma-se em vapor, que move as lâminas das turbinas. O vapor então é re-condensado em líquido e reutilizado novamente.

### **2.2.1. Usos Diretos**

A utilização direta implica realização a realização de um estudo conforme a metodologia descrita no ponto 3.2.2:

- Estrutura geológica;
- Caracterização dos fluidos;
- Modelação dos reservatórios;
- Neotectónica;
- Sismicidade;
- Hidrologia e Hidrogeologia;
- Hidroquímica.

Posteriormente realiza-se um, ou mais furos, tal como se mostra na figura 5, com uma determinada profundidade, até atingir uma formação aquífera, considerado reservatório geotérmico.



Figura 5 - Captação de água em Monção (CARVALHO J. M., 2011)

Assim sendo, o fluxo constante de água, com temperatura e caudal propício é extraído diretamente, podendo ser usado com diversos objetivos, seguindo a cascata de Lindal. Este fluxo é extraído para a superfície através dum sistema mecânico – bomba de produção, e posteriormente por um permutador de calor. Quando o fluxo é rejeitado, pode ser reinjetado, e aí passa novamente por uma bomba de injeção, de modo a que não se verifique problemas piezométricos, ou então, como acontece na maioria dos casos, pode ser rejeitado à superfície. A figura 6, exemplifica o sistema de captação do fluxo geotérmico.

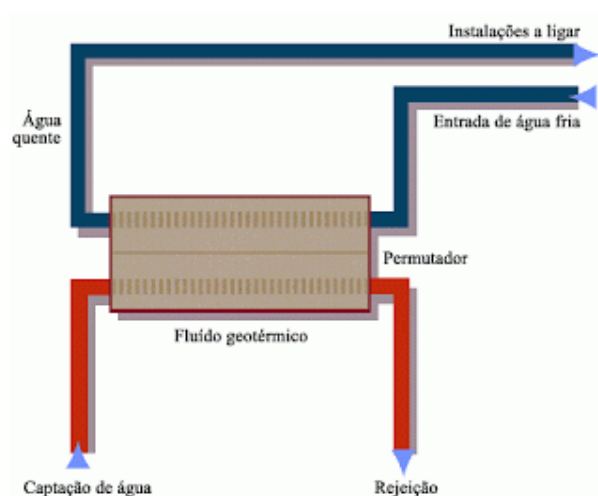


Figura 6 – Esquema de exploração de recursos geotérmicos de baixa entalpia (Geotérmica, 2009)

#### **2.2.1.1. Permutador de Calor**

O funcionamento dum permutador de calor baseia-se na transferência de calor entre dois fluidos a diferentes temperaturas através duma interface metálica. Assim sendo, o fluido geotérmico que ascende à superfície encontra-se a temperaturas elevadas, e através dum ou mais, permutadores de calor, normalmente o permutador de placas, troca calor para um fluido com temperaturas reduzidas, passando em contracorrente alternadamente pela sequência de placas, que por sua vez, aumenta a temperatura. Posteriormente, este fluido aquecido poderá circular em circuito fechado, normalmente usado em climatização.

### **2.2.2. Bombas de Calor Geotérmica (GSHP)**

O sistema de bombas de calor geotérmicas (geotermia superficial) já é conhecido há vários anos, mas somente na última década conheceram uma grande evolução (LOURENÇO, MELO, & ROSA, Geotermia em Portugal Continental, 2010). O aumento crescente deste sistema, é evidenciado no norte da Europa e nos USA, devido às temperaturas reduzidas registadas. Este sistema tem como principal objetivo a substituição de caldeiras como equipamento produtor de calor nos sistemas de aquecimento, dada a sua aplicabilidade em praticamente todos os locais e a sua capacidade para reduzir o consumo de combustíveis fósseis.

#### **2.2.2.1. Princípio básico de uma bomba de calor**

Com o intuito de transferir calor para um meio frio, as bombas de calor, funcionam em circuito fechado, dentro do qual, é comprimido um fluido, cujo nome é fluido frigogénico. Por cada ciclo de trabalho efetua-se compressão e expansão, logo, o fluido retira calor ao fluido frio, transferindo ao fluido quente.

O ar seria o fluido mais lógico, por ser mais abundante, seguro do ponto de vista ambiental e praticamente sem custos. No entanto não é utilizado porque comporta ciclos de trabalho com rendimentos térmicos muito baixos (LOURENÇO, MELO, & ROSA, Geotermia em Portugal Continental, 2010).

A eficiência da bomba de calor é indicada normalmente como o coeficiente do desempenho do sistema, ou na terminologia inglesa “coeficiente of performance – COP”, que normalmente varia entre 2,5 e 6. Isto é, para gerar em média 4,4 KW (CARVALHO J. M., 2011) de potência térmica, é necessário apenas 1kW de potência elétrica.

#### **2.2.2.2. Funcionamento de uma bomba de calor**

Utilizando uma fonte de calor – água, ar ou solo e subsolo, dois permutadores de calor, um para evaporar e outro para condensar, e um compressor (energia motriz), consegue-se climatizar através da energia térmica. Para transferir o calor entre meios, utilizam-se vários

tipos de fluidos que evaporam quando o calor é absorvido e que condensam quando o calor é cedido. Há a possibilidade de inverter os ciclos trabalho, arrefecendo em vez de aquecer. A figura 7 evidencia os principais componentes de uma bomba de calor.

Numa bomba de calor, estão presentes os seguintes componentes, perfazendo 4 etapas:

- 1, 2 - Um evaporador onde a energia absorvida é transferida para o fluido frigorigéneo que aquece e evapora-se;
- 3- Um compressor que faz com que este fluido circule fechado, aspirando-o e comprimindo-o fazendo com que a sua pressão e temperatura aumentem;
- 4- Um condensador onde o calor é transferido e o fluido frigorigénio ao arrefecer, liquefaz-se;
- 5- Um circuito de aquecimento que fornece calor ao meio a climatizar, tal como superfícies radiantes;
- 6- Por fim, uma válvula de expansão que permite a diminuição da pressão do fluido frigorigénio e consequentemente o arrefecimento, passando assim a vapor húmido, que volta a entrar no evaporador.

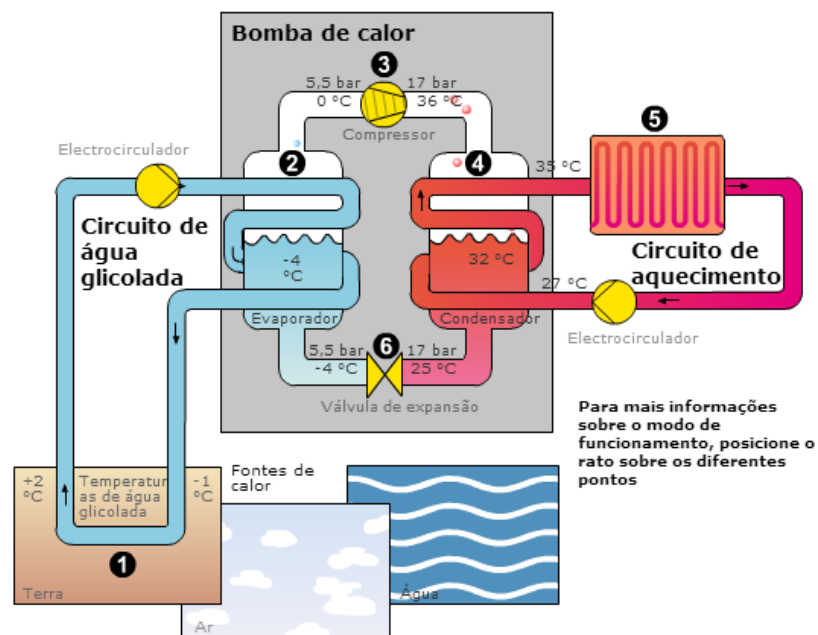


Figura 7- Principais componentes de uma bomba de calor  
(Energia)

As bombas de calor que trocam calor com o subsolo, tem temperaturas mais estáveis e moderadas, sobretudo a partir de determinadas temperaturas, tornam-se assim sistemas mais eficientes, ao longo de todo o ano. Um sistema geotérmico extrai calor do solo durante o Inverno, transferindo-o de volta durante o Verão, permitindo assim a refrigeração do mesmo. A figura 8, indica o sistema de bomba de calor com coletores enterrados.

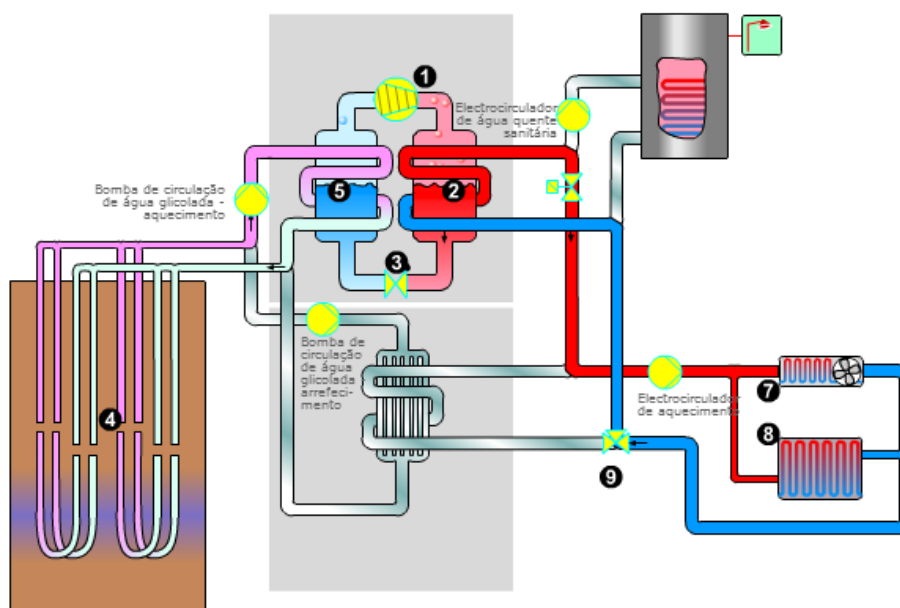


Figura 8 - Bomba de Calor com coletores enterrados (Energia)

- 1- Compressor - o fluido frigorigéneo que circula em circuito fechado, aumenta a sua pressão e temperatura;
- 2- Condensador ou permutador de calor - o calor é transferido para o aquecimento central. O agente de refrigeração arrefece e liquefaz-se;
- 3- Válvula de expansão - expande o fluido frigorigéneo, baixando a sua temperatura (queda de pressão), arrefecendo;
- 4- Sondas geotérmicas - permitem aproveitar o calor constante que existe nas camadas do subsolo, para a produção de água quente sanitária e como fonte de climatização;
- 5- Evaporador - a energia captada pela sonda geotérmica é transferida para o fluido frigorigéneo, este aquece e evapora-se;

- 6- Para a operação paralela de aquecimento central da água, e do arrefecimento passivo, os dois sistemas são separados hidraulicamente por válvulas comutadoras;
- 7- Ventilador - a água fria circula pelo ventiloconvetor, retirando o calor existente ao ar ambiente. A temperatura de ida tende a ser regulada para não ocorrer condensação;
- 8- Em piso, paredes ou tetos radiantes, ao circular a água, esta arrefece à superfície da divisão a climatizar. Esta superfície funciona como permutador de calor, retirando calor do ambiente. A temperatura de ida em de ser regulada de forma a não existir condensação;
- 9- Válvulas comutadoras - conduzem a água de aquecimento através de permutador passivo de calor e arrefecimento;
- 10- Bomba de circulação/climatização - uma vez em funcionamento ativa a água glicolada. A energia da água de climatização é transferida para o circuito de água glicolada dentro do permutador de calor e dissipa-se no solo.

### **2.2.2.3. Tipos de captadores de energia geotérmica**

Existem três tipos distintos de captadores para utilização com bombas de calor, o horizontal, o vertical, e em aquífero. Todos os tipos de captadores enterrados, têm as suas vantagens e desvantagens, consoante as características do local a ser implementado. Normalmente, o coletor mais usual, é o horizontal devido ao baixo custo, e facilidade (dependendo do local) de implementação.

- Captação Horizontal

Normalmente este sistema é usado quando existe uma área de superfície terrestre disponível (LOURENÇO, MELO, & ROSA, Geotermia em Portugal Continental, 2010). As sondas são colocadas paralelas à superfície do terreno, em trincheiras, tal como indica a figura 9, a cerca de 60 cm de profundidade, com extensão de tubagem entre os 30 e os 120 metros. A inclinação não pode exceder os 20 °C, e é usual que a colocação deste sistema seja anterior à implementação do edifício. Este sistema tem a desvantagem de haver a necessidade de espaço na zona envolvente para aplicação das sondas, perfazendo em média cerca de 150 m<sup>2</sup> de terreno disponível, variando com a quantidade de volume que se pretende aquecer ou arrefecer.





Figura 9 - Circuito horizontal de coletores enterrados (Grausolar, 2011)

- Captação Vertical

Neste tipo de captação as sondas são colocadas em um ou mais furos de reduzido diâmetro, e com profundidades variantes entre os 25 e os 250 metros, dependendo das necessidades, tal como ilustra a figura 10. Este sistema, comparativamente com o anterior, tem a vantagem de poder ser aplicado em zonas que haja limitação de áreas, no entanto os custos de instalação são superiores.



Figura 10 - Circuito Vertical de coletores enterrados (Alibaba, 2013).

- Captção de Aquífero

Neste método a água é recolhida num primeiro furo a montante do lençol, para depois da permuta na bomba de calor, ser devolvida a jusante, quer através duma nova perfuração (Grausolar, 2011), lançada num lago ou até ser consumida a jusante para usos domésticos, agrícolas ou até para abastecimento urbano. A bomba de calor capta a energia não do solo mas sim da água do lençol freático que se encontra entre os 10 e os 12 graus, tal como indica a figura 11. Este método é utilizado quando existe uma reserva de água, por perto, cerca de 8 a 50 metros, reduzindo assim os custos da aplicação.



Figura 11 - Circuito em aquífero  
(Alibaba, 2013)

### **2.2.3. Sistemas Geotérmicos Estimulados**

Esta tecnologia ainda não é de domínio industrial: utiliza métodos artificiais, nomeadamente através da criação de uma rede de fracturação induzida estabelecida pela injeção de água a alta pressão, ilustrado na figura 12, e com a utilização de agentes químicos para dissolução seletiva de fases minerais. A estimulação de reservatórios de ser bem controlada e cuidadosamente monitorizada, de modo a, evitar a geração de sismos perceptíveis e contaminação de aquíferos pelos agentes químicos

Quando a permeabilidade do reservatório está melhorada, garantindo caudais significativos, o calor das rochas é extraído. Assim sendo, realiza-se no mínimo dois furos, um para injeção de água, que será aquecida através do contacto com as rochas quentes,

outro para a extração da água quente (corrosiva), que pode ser utilizada para usos diretos ou para produção de eletricidade, através dum permutador de calor, que estabelece um circuito binário, com o objetivo de separar o circuito da salmoura corrosiva dos delicados circuitos da turbina e/ou usos diretos. A re-injecção da água garante a pressão do reservatório de modo a sustentar o caudal.

Podem ser feitos furos adicionais, de modo a aumentar a produção, sendo que, a localização dos mesmos deverá ser em função da distribuição e orientação das fraturas que condicionam a permeabilidade em profundidade.

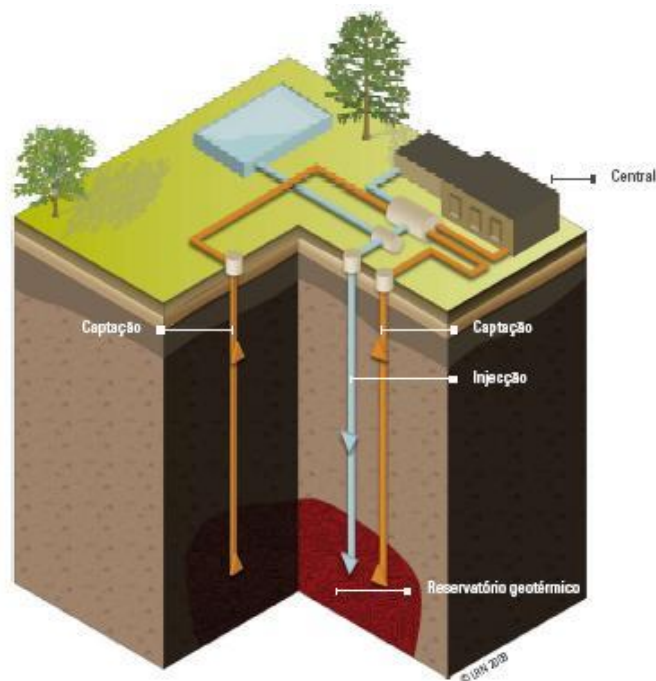


Figura 12 – EGS: Enhanced Geothermal Systems  
(terra, 2008)

Este sistema tem a grande vantagem de poder ser aproveitado o calor geotérmico, em áreas geográficas onde era impossível a captação de águas pelos métodos usuais. No entanto, é essencial o conhecimento da distribuição do calor em profundidade, de modo a selecionar apenas os locais com elevados gradientes geotérmicos, para diminuir os custos de investimento.

Em Portugal Continental destaca-se a existência de granitos radiogénicos, com elevada capacidade de geração de calor, resultante do decaimento radioativo de alguns dos seus elementos constituintes, a existência de espessas bacias sedimentares, bem como a ocorrência de falhas profundas que podem facilitar a ascensão de fluidos profundos (LOURENÇO, MELO, & ROSA, Geotermia em Portugal Continental, 2010).

#### **2.2.4. Centrais Geotérmicas para produção de eletricidade**

As centrais geotérmicas produzem eletricidade através de turbinas de vapor convencionais ou de ciclo combinado, dependendo das características do recurso geotérmico, pois este influencia as dimensões da turbina, dos permutadores de calor e do sistema de arrefecimento. As centrais geotérmicas podem ser (Works, 2013):

- Vapor seco – O vapor quente é extraído diretamente do reservatório geotérmico. O vapor faz com que se gere eletricidade através de turbinas;
- Vapor Flash – O fluido encontra-se num reservatório a temperaturas elevadas (150-370 °C). Parte do fluido transforma-se em vapor, que aciona as turbinas. Quando o vapor condensa novamente, arrefece, e é reinjetado novamente no reservatório;
- Centrais de Ciclo Combinado – O fluido geotérmico (temperaturas inferiores a 170 °C) passa através dum permutador de calor, onde o calor é transferido para outro líquido que entra em ebulição, a uma temperatura inferior à da água.
  - Ciclo de Rankine - O fluido secundário é operado através de um ciclo convencional de Rankine (ORC): através de permutadores de calor, onde este fluido é aquecido e vaporiza, o vapor produzido aciona uma turbina de fluxo axial normal, é então arrefecido e condensado, e o ciclo inicia-se novamente (Generation, 2013).
  - Ciclo Kalina - Um novo sistema de binário, o ciclo de Kalina, que utiliza uma mistura de água e amoníaco como fluído de trabalho, foi desenvolvido nos anos 1990. O fluido de trabalho é expandido, em condições super-aquecido, por meio da turbina de alta pressão e, em seguida, re-aquecida antes de entrar na turbina de baixa pressão. Após a segunda expansão os saturados de vapor move-se através de uma caldeira de recuperação antes de ser condensado em um condensador arrefecido a água. O ciclo de Kalina é

mais eficiente que ORC, apesar de exigir um projeto mais complexo. (Generation, 2013).

As turbinas a vapor necessitam de fluidos a temperaturas de pelo menos 150 °C. O vapor, extraído diretamente a partir de reservatórios de vapor seco ou, após a transformação, a partir de reservatórios de água dominante (Generation, 2013), é utilizado para produção de eletricidade através de uma turbina. As turbinas a vapor do tipo condensação são normalmente mais baratas, disponíveis em tamanhos pequenos (2,5-5 MW<sub>e</sub>), e com a facilidade de ser construída num curto prazo de tempo (cerca de 14 meses). As turbinas a vapor do tipo contrapressão são mais complexas, mas com dimensões maiores.

Centrais de tamanho reduzido, móveis e convencionais ou não, situadas em locais cujas áreas de acesso são restritas, melhoram o nível de vida da população, pois a ligação à rede elétrica acarreta custos elevados, e nem sempre há disponibilidade de combustíveis convencionais.



### 3. Usos Geotérmicos em Portugal Continental

As águas subterrâneas integram a componente não visível e mais lenta do ciclo da água. O tempo decorrido entre a infiltração de uma gota de água da chuva no terreno até à sua aparição em nascentes, galerias, poços, furos, ou outras manifestações naturais ou forçadas, pode variar entre alguns meses a vários anos; centenas ou milhares de anos no caso das águas minerais e termominerais de circuito lento e profundo. Este ciclo é movido pela ação da gravidade, pelo calor da terra e pela energia solar, embora para as águas mais profundas possam ser aduzidos outros mecanismos (CARVALHO J. M., *Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas*, 2006). A geotermia como indústria depende das condições do subsolo, dos consumidores, das instalações de superfície, dos problemas técnico-económicos e de montagem financeira e administrativa (CARVALHO J. M., *Recursos geotérmicos de Portugal continental: da utopia à realidade*, 1995).

Este capítulo pretende destacar a hidrogeologia de Portugal Continental, pois sem o conhecimento da mesma, não é possível estudar, compreender e/ou executar projetos que

envolvam o subsolo. Sendo assim, e para a compreensão dos projetos geotérmicos executados, em funcionamento ou desativados, é necessário o pré-conhecimento das características ocorrentes.

### **3.1. Hidrogeologia**

A água subterrânea é um recurso geológico invisível de inegável valor económico, social e político, fragilizado quer por questões ligadas à quantidade quer por problemas de qualidade, nomeadamente contaminação e degradação. Ora, todas as atividades ligadas às águas subterrâneas obrigam à conceptualização do aquífero, unidade fundamental da Hidrogeologia e dos Recursos Hídricos subterrâneos (CARVALHO J. M., *Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas*, 2006). As grandes divisões hidrogeológicas de Portugal correspondem às grandes divisões geotectónicas nacionais (FERREIRA, OLIVEIRA, & CIABATTI, 1995).

Como tal, cada estudo baseado na geologia e hidrogeologia tem que ser iniciado com a sensibilização e conhecimento da hidrogeologia do país. Portugal Continental, está dividido em quatro importantes partes hidrogeológicas, o Maciço Antigo, a Orla Ocidental, a Bacia Tejo-Sado e a Orla Meridional, tal como demonstra a figura 13.



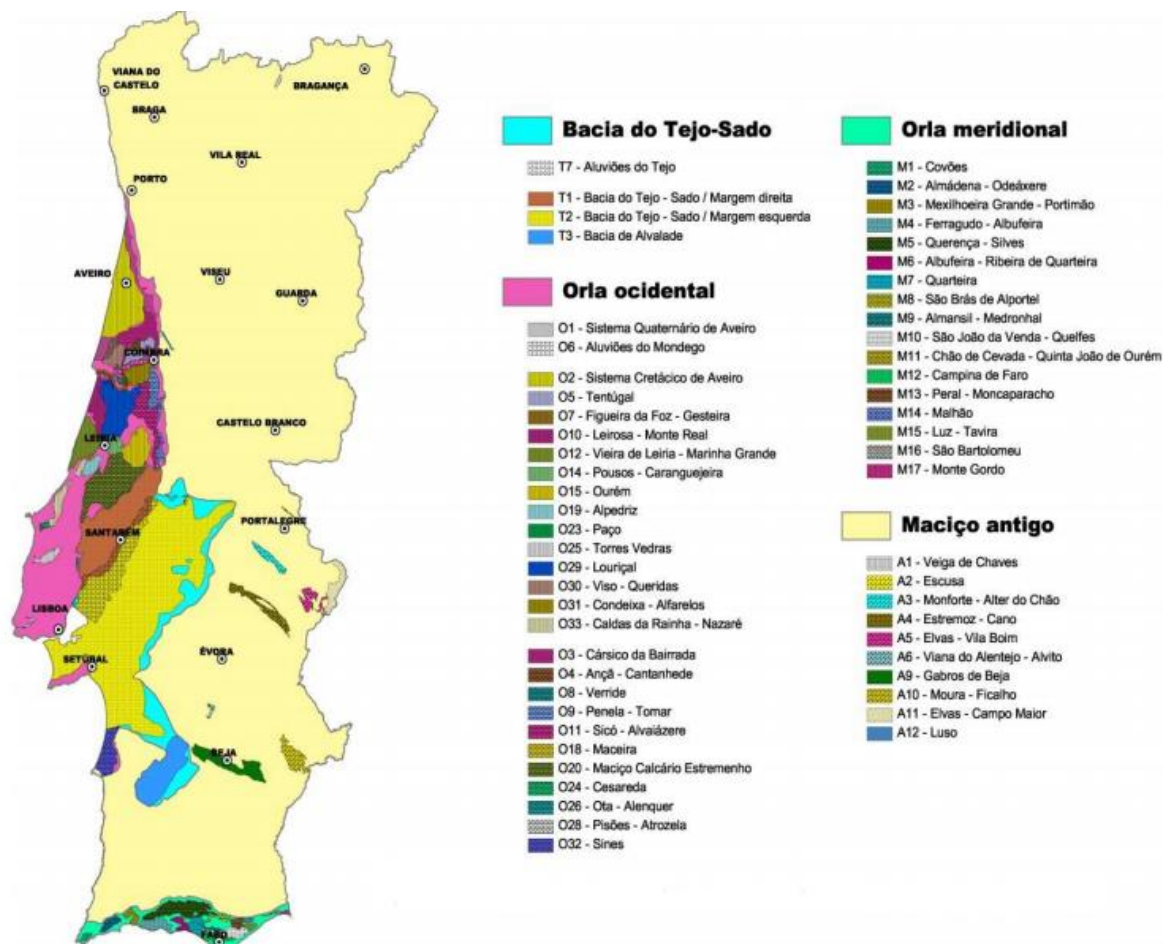


Figura 13 - Hidrogeologia de Portugal Continental (SNIRH)

O Maciço Antigo que ocupa grande parte do território Português, de Norte a Sul do país, excluindo parte do litoral. A orla meridional ocupa na sua totalidade a costa Algarvia. A orla ocidental encontra-se situada na zona litoral do país desde Aveiro até Setúbal. A bacia Tejo-Sado, encontra-se no distrito de Lisboa entre a orla ocidental e o maciço antigo.

### 3.1.1. Maciço Antigo

O Maciço Antigo é essencialmente constituído por rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, mais ou menos intensamente fraturadas. Em diversos pontos do País, ele está coberto por formações sedimentares, de origem continental, regra geral de reduzida expressão e, área de fraca espessura. As rochas metamórficas são predominantes a sul do paralelo de Coimbra. As cartas geológicas do País referem a ocorrência de formações ígneas, de que se destacam os maciços eruptivos do fundão e de Castelo Branco, na Região

Centro, os complexos eruptivos de Beja e Évora, os maciços graníticos de Nisa, Portalegre e Monforte, na Região do Alentejo, e o maciço eruptivo de Monchique, na região do Algarve.

A norte predominam as rochas ígneas, por vezes interrompidas por importantes afloramentos de rochas xistosas, nomeadamente ao longo da fronteira com a Orla Ocidental, nas faixas metassedimentares entre Esposende e Castro de Aire, entre Mesão Frio e Barca d'Alva e a grande mancha xistosa de Trás-os-Montes.

Os solos residuais que cobrem as formações cristalinas raramente atingem espessuras elevadas sendo, frequentemente, muito pouco desenvolvidos ou mesmo esqueléticos. A erosão hídrica atingiu, em diversos pontos do País, proporções muito elevadas, a que não é alheia a utilização indiscriminada de práticas agrícolas e florestais não adequadas a uma boa conservação do solo. Os maciços de calcários cristalinos do Alentejo são regiões singulares do Maciço Antigo. A carsificação é responsável por elevadas permeabilidades (FERREIRA, OLIVEIRA, & CIABATTI, 1995).

As rochas carbonatadas estão na origem de diversos sistemas aquíferos, com algumas características cársticas. As rochas eruptivas básicas (essencialmente gabros), estão na origem do aquífero fissurado Gabros de Beja. As rochas quartzíticas estão na origem do aquífero fissurado Luso (SNIRH).

A figura 14 ilustra o esquema tectono-estratigráfico de Portugal Continental.

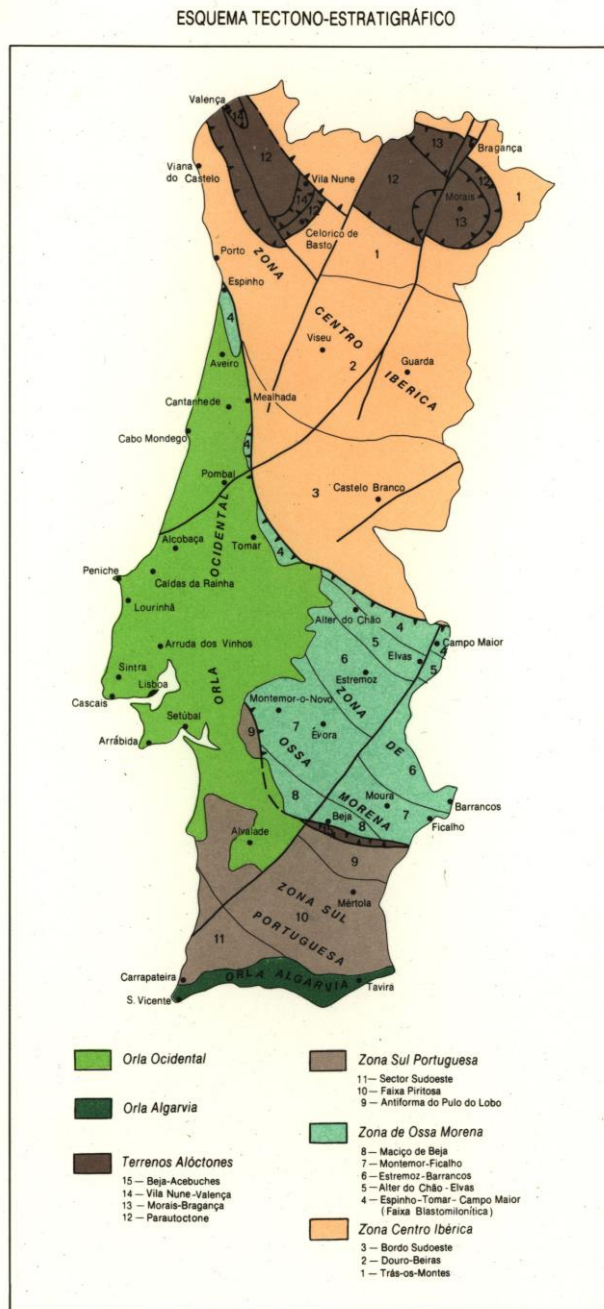


Figura 14 – Esquema tectono-estratigráfico de Portugal Continental adaptado da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1/500000.

A elevada precipitação que se verifica na zona Galiza-Trás-os-Montes do Maciço Antigo torna esta região mais interessante para a captação de águas subterrâneas, principalmente em zonas fraturadas ou de filões, devido à elevada probabilidade de presença de água. Tendo em conta que a zona Centro-Ibérica - de extrema complexidade devido aos terrenos

alóctones, é de salientar então a megaestrutura Verin-Régua-Penacova, que divide as zonas Valença-Nune de Bragança-Morais.

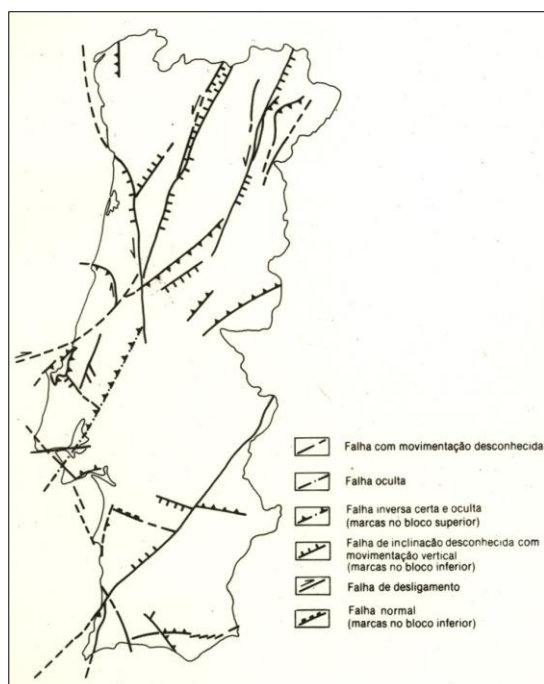


Figura 16 – Esquema das principais falhas ativas do Quaternário (adaptado da Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1/500.000)

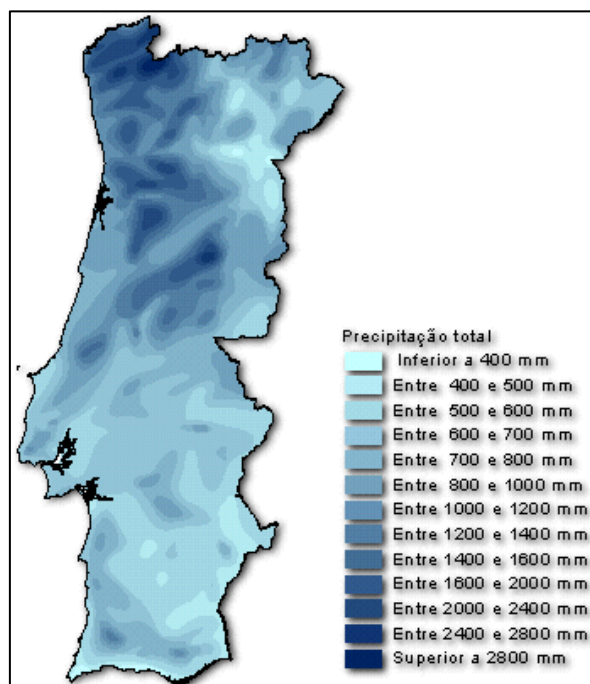


Figura 15 - Representação da precipitação, em mm, adaptado à escala 1/1.000.000 (PIRES & COSTA, 2011)

Comparando a figura 15 com a figura 16, verifica-se que o Maciço Hespérico, apresenta diversas quantidades de precipitação, assim sendo é notória a variação da quantidade de precipitação que incide nas principais falhas. Na zona Oeste a precipitação anual média excede 1000 mm, chegando a 3000 mm no maciço do Gerês. Para Este e Sul as condições de aridez prevalecem havendo zonas na Bacia do rio Douro, junto à fronteira espanhola, onde a precipitação anual média baixa dos 500 mm. Assim sendo, é conclusivo que na zona norte do país, é considerada uma zona de elevadas e complexas estruturas tectónicas, verifica-se que a precipitação varia entre os 2000 mm e os 3000 mm, o que torna particularmente interessante esta zona para captações de água subterrâneas, devido à relação precipitação/unidades geológicas.

### **3.1.2. Orla Mesocenozóica Ocidental**

Nesta unidade encontram-se 27 sistemas aquíferos individualizados, ilustrados na figura 17, em que as principais formações aquíferas são constituídas por:

- Rochas detríticas terciárias e quaternárias (areias, areias de duna, terraços, aluviões, etc.)
- Arenitos e calcários cretácicos
- Calcários do Jurássico

O maciço eruptivo de Sintra, de natureza subvulcânica, o complexo basáltico de Lisboa-Mafra e numerosas pequenas ocorrências de rochas filoneanas ou similares são manifestações de atividade ígnea que interrompem a continuidade das formações sedimentares.

As principais manchas de rochas carbonatadas, carsificadas, pertencem ao Jurássico inferior e médio e ocorrem na Região Centro, onde formam o denominado Maciço Calcário Estremenho. As serras de Sicó, Aire, Candeeiros, Montejunto e Ota são parte integrante deste maciço. A carsificação abundante permitiu a instalação de importantes aquíferos, onde existem numerosas nascentes que fornecem caudais muito elevados.

A norte de Lisboa ocorrem extensas formações de margas e de arenitos argilosos, do Jurássico superior. As formações margo-calcárias e areno-argilosas do Cretácico, entre Cascais e Torres Vedras, não dão origem a grandes aquíferos.

A norte do rio Mondego, o Cretácico inferior é mais arenoso e a sua maior permeabilidade confere-lhe potencialidades aquíferas. As formações de cobertura, plio-quaternárias, muito abundantes a norte de Nazaré, são predominantemente areno-argilosas e não dão origem a aquíferos de grande significado regional. A norte da Figueira da Foz, as formações aluvionares e dunares do Quaternário têm maior continuidade e a sua importância hidrogeológica aumenta.

A oeste de Santiago do Cacém desenvolve-se a pequena bacia sedimentar de Santo André, que forma o extremo sul. Diversos acidentes tectónicos individualizaram alguns blocos, condicionando assim, o desenvolvimento de aquíferos.

As formações mais produtivas são os calcários carsificados do Jurássico médio e superior.



Figura 17 - Orla Ocidental (SNIRH)

Os terrenos que constituem a Orla Ocidental depositaram-se numa bacia sedimentar, cuja abertura coincide com os primeiros estádios da abertura Atlântico, a Bacia Lusitaniana. Esta, forma uma depressão alongada, com orientação NNE-SSW, onde os sedimentos acumulados na zona axial atingem cerca de 5 quilómetros de espessura (ALMEIDA C. , MENDONÇA, JESUS, & GOMES, 2000; ALMEIDA C. , MENDONÇA, JESUS, & GOMES, 2000).

### 3.1.3. Orla Mesoceno-zóica Meridional

Nesta unidade, as principais litologias, são visíveis na figura 18, que constituem o suporte dos 17 sistemas definidos são:

- formações plioquaternárias (areias e cascalheiras continentais, areias de duna, etc.);
- formações miocénicas, fundamentalmente de fácies marinha;
- formações detríticas e carbonatadas cretácicas;
- formações calcárias e dolomíticas do Jurássico.

O aquífero mais importante desta orla ocorre a norte do alinhamento de Silves-Querença, e é originado através das formações carbonatadas do Lias.

Em grande parte da orla, as formações cretácicas, menos permeáveis, interpõem-se entre as formações mais produtivas do Jurássico e o mar, funcionando como barreiras à intrusão marinha.

O Miocénico, constituído por formações calcárias e arenosas dá origem, a bons aquíferos, no entanto, a proximidade do mar, torna-os vulneráveis à intrusão marinha (FERREIRA, OLIVEIRA, & CIABATTI, 1995).

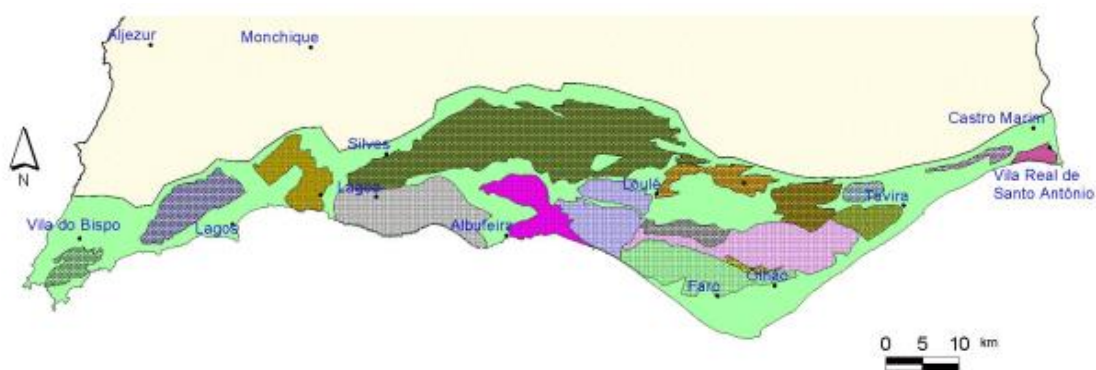


Figura 18 - Orla Meridional (SNIRH)

#### 3.1.4. Bacia Terciária do Tejo e Sado

Nesta unidade, os sistemas aquíferos definidos são em número de quatro e as formações mais produtivas e que constituem o suporte dos sistemas, ilustrado na figura 19, são:

- formações quaternárias (aluviões e terraços)
- formações terciárias, fundamentalmente pliocénicas e miocénicas (Grés de Ota, Calcários de Almoester, Série gresos-calcária, etc.)

As formações terciárias da bacia do Tejo e Sado são limitadas a norte e a oeste por terrenos jurássicos e a este e a sul por formações do Maciço Hespérico. A área ocupada pelos sedimentos terciários foi submetida a importantes movimentos orogénicos que originaram o seu afundamento ao longo de linhas de debilidade estrutural existente no soco. Esta zona



de afundamento, com orientação NE-SW, foi acompanhada, pelo basculamento do substrato para oeste. Esta zona, na qual se tinha já depositado sedimentação mesozóica, foi coberta por materiais continentais oligocénicos aos quais se sobrepuseram os produzidos durante a transgressão aquitano-burdigaliana.

Hidraulicamente, o aquífero jurássico pode considerar-se independentemente do aquífero miocénico que se lhe sobrepõe, visto que a grande espessura e a baixa permeabilidade das formações oligoceno-cretácicas que os separa torna muito difícil a circulação de água entre eles.

Os aquíferos que ocorrem nas formações calcárias-detríticas do Burdigaliano e Helveciano inferior e no complexo argilo-detrítico do Miocénico médio e superior são do tipo cativo. Os aquíferos correspondentes as formações do Pliocénio e do Quaternário (aluviões e terraços fluviais) são do tipo livre.

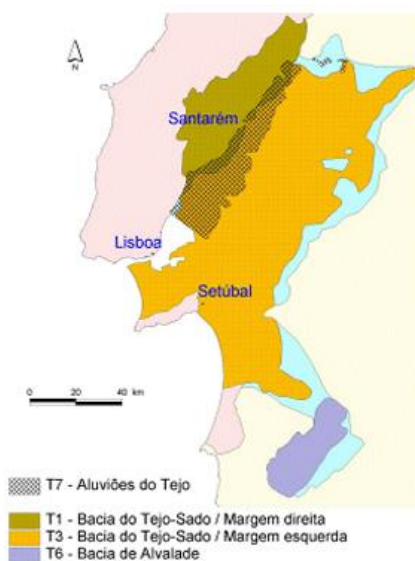


Figura 19 - Bacia Tejo-Sado  
(SNIRH)



### **3.1.5. Implicações para a Geotermia**

Na caracterização e descrição geológica pormenorizada para aplicações geotérmicas recorre-se, em regra, às técnicas básicas da geologia de campo, da geologia estrutural e da hidrogeologia aplicada.

A prospeção hidrogeológica reúne, em geral, meios indiretos, tais como: reconhecimentos geológicos e geomorfológicos prévios de terreno, cartografia geológico-estrutural, cartografia fotogeológica e hidrogeológica, rastreios hidroquímicos e levantamentos geofísicos. A modelação de sistemas hidrogeológicos, numa base georreferenciada, é hoje uma ferramenta de rotina na prática hidrogeológica. A exploração do georrecurso, água subterrânea, engloba a construção de estruturas captantes, geralmente furos verticais, inclinados ou horizontais, e a monitorização da extração em termos dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e hidrodinâmicos (CARVALHO J. M., *Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas*, 2006).

Esta diversidade litológica também condiciona a realização de estruturas captantes para a geotermia superficial (bombas de calor geotérmicas).

## **3.2. Localização e modos de Ocorrência de Recursos de Geotérmicos em Portugal Continental**

Os recursos geotérmicos de Portugal Continental têm vindo a ser estudados não só através de métodos de recursos hidrogeológicos clássicos, como também através de inventários minuciosos e recolha regular de dados quantitativos e interpretação dos parâmetros obtidos (LOURENÇO & CRUZ, *Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental*, 2005). A geologia de Portugal Continental, determina diferentes condições para a presença de ocorrência geotermiais. Assim sendo, mais de 60% do território é composto por rochas cristalinas (CARVALHO J. M., SILVA, PONTE, & CABEÇAS,

2005), e a presença de águas termais e minerais encontra-se, predominantemente, em granitos, xistos (CARVALHO J. M., Mineral water exploration and exploitation at the Portuguese Hercynian Massif, 1996) e em falhas ativas.

### **3.2.1. Águas Minerais**

Águas minerais naturais são as que, por qualquer especificidade físico-química, se distinguem das águas “normais” de uma dada região. Os caracteres distintivos mais frequentes são a mineralização e/ou a temperatura elevadas. Assim, na perspetiva enunciada, as águas minerais apresentarão mineralizações totais ou determinadas características específicas (pH, sulfuração, sílica, CO<sub>2</sub>, etc.) diferentes dos valores correntes ou temperaturas mais altas que a temperatura média do ar, assim sendo, e segundo o (Decreto Legislativo Regional n.º 21/2012/A, 2012) , água mineral natural, é uma água considerada bacteriologicamente própria, de circulação profunda, com particularidades físico-químicas estáveis na origem dentro da gama de flutuações naturais, de que resultam propriedades terapêuticas ou simplesmente efeitos favoráveis à saúde.

Então é seguido o conceito económico de recurso hidromineral que inclui as águas minero-industriais e as águas minerais naturais (Dec-lei 86/90 de 16 de Março), recurso geotérmico (Dec-lei 87/90 de 16 de Março) e água de nascente (Dec-lei 84/90 de 16 de Março), isto é, são incluídas as clássicas águas de circuito hidrogeológico longo e lento e outras que não cumprem exatamente essa condição mas que foram classificadas administrativamente como tal (CARVALHO J. M., Prospeção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas, 2006).

(WHITE, 1957) Designou como termais as águas cuja temperatura excedam em 5 °C a temperatura média do ar. Como tal, na Europa foi adotada a solução de considerar termais as águas de temperatura superior a 20 °C. (CARVALHO J. M., Prospeção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas, 2006).

Através do ex-Instituto Geológico e Mineiro (atual Direção Geral de Energia e Geologia), foi possível obter-se, no final de 1988 o inventário nacional do território português de

ocorrências das águas minerais, existentes com temperaturas superiores a 20 °C, tanto naturais como provenientes de furos. Este trabalho, indica tanto a emergência como a respetiva temperatura máxima registada e as características químicas da água, tal como indica a tabela 3.

Tabela 3 - Características das emergências termais em Portugal Continental adaptado de (LOURENÇO & CRUZ, Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental, 2005)

Nº	Emergência Termal	Temperatura máxima registada (°C)	Características Químicas	Nº	Emergência Termal	Temperatura máxima registada (°C)	Características Químicas
1	Monção	50	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	27	Luso	27	SiO <sub>2</sub> , Cl, Na, K
2	Chaves	76	HCO <sub>3</sub> , Na, F, CO <sub>2</sub>	28	São Paulo	23	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na
3	Gerês	47	HCO <sub>3</sub> , Na, F, S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29	Unhais da Serra	37	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F
4	Carvalhinhos	22	HCO <sub>3</sub> , Na, F	30	Amieira	27	Cl, Ca, Na
5	Caldelas	33	HCO <sub>3</sub> , Ca, F	31	Bicinho	28	Cl, Ca, Mg, Na
6	Eirogo	25	H <sub>2</sub> S, Cl, HCO <sub>3</sub> , Na, F	32	Azenha	29	Cl, Na
7	Taipas	32	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	33	Monfortinho	28	SiO <sub>2</sub> , Cl, Na, K
8	S. Miguel das Aves	22	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na	34	Fonte Quente	24	Cl, HCO <sub>3</sub> , Na
9	Vizela	62	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	35	Salgadas	23	Cl, Na
10	Saúde	30	H <sub>2</sub> S, Na, F, Cl	36	Envendos	22	SiO <sub>2</sub> , Cl, Na, K
11	Carlão	29	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	37	Piedade	27	Cl, HCO <sub>3</sub> , Na
12	São Lourenço	30	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, K	38	Salir	20	Cl, Na
13	Canavezes	35	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	39	Caldas da rainha	36	H <sub>2</sub> S, Cl, SO <sub>4</sub> , Na, Ca, Mg

Nº	Emergência Termal	Temperatura máxima registada (°C)	Características Químicas	Nº	Emergência Termal	Temperatura máxima registada (°C)	Características Químicas
14	Moledo	45	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	40	Arrábidos	29	H <sub>2</sub> S, Cl, Na
15	Fonte Sta. do Seixo	21	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na	41	Vimeiro	26	HCO <sub>3</sub> , Cl, Na, Ca
16	Aregos	62	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	42	Cucos	40	Cl, Na, F
17	Longroiva	34	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na	43	Alcaçarias	30	Cl, Na
18	S. Jorge	23	H <sub>2</sub> S, Cl, Na	44	Hosp. Força Aérea	50	HCO <sub>3</sub> , Ca, Mg
19	Carvalhal	41	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	45	Oeiras – S.S.F.S.	30	HCO <sub>3</sub> , Na
20	Cavaca	29	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	46	Estoril	35	Cl, Na
21	S. Pedro do Sul	69	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	47	Santa Comba	22	HCO <sub>3</sub> , Ca
22	Alcafache	51	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	48	Malhada Quente	28	HCO <sub>3</sub> , Na, SO <sub>4</sub>
23	Sangemil	50	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	49	Alferce	27	HCO <sub>3</sub> , Na
24	Cró	23	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na	50	Monchique	32	HCO <sub>3</sub> , Na, F
25	Felgueira	36	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	51	Santo António	25	HCO <sub>3</sub> , Ca
26	Manteigas	48	H <sub>2</sub> S, HCO <sub>3</sub> , Na, F	52	Fte. Sta da Quarteira	21	HCO <sub>3</sub> , Na, Ca, Mg

Estas nascentes encontram-se desigualmente distribuídas ao longo do país, tal como se pode verificar na figura 20, sendo predominante a ocorrência na parte norte do território português, devido, ao facto das circunstâncias geológicas e estruturais. No entanto, também se verificam ocorrências no litoral, no centro do país devido às estruturas diapíricas existentes.

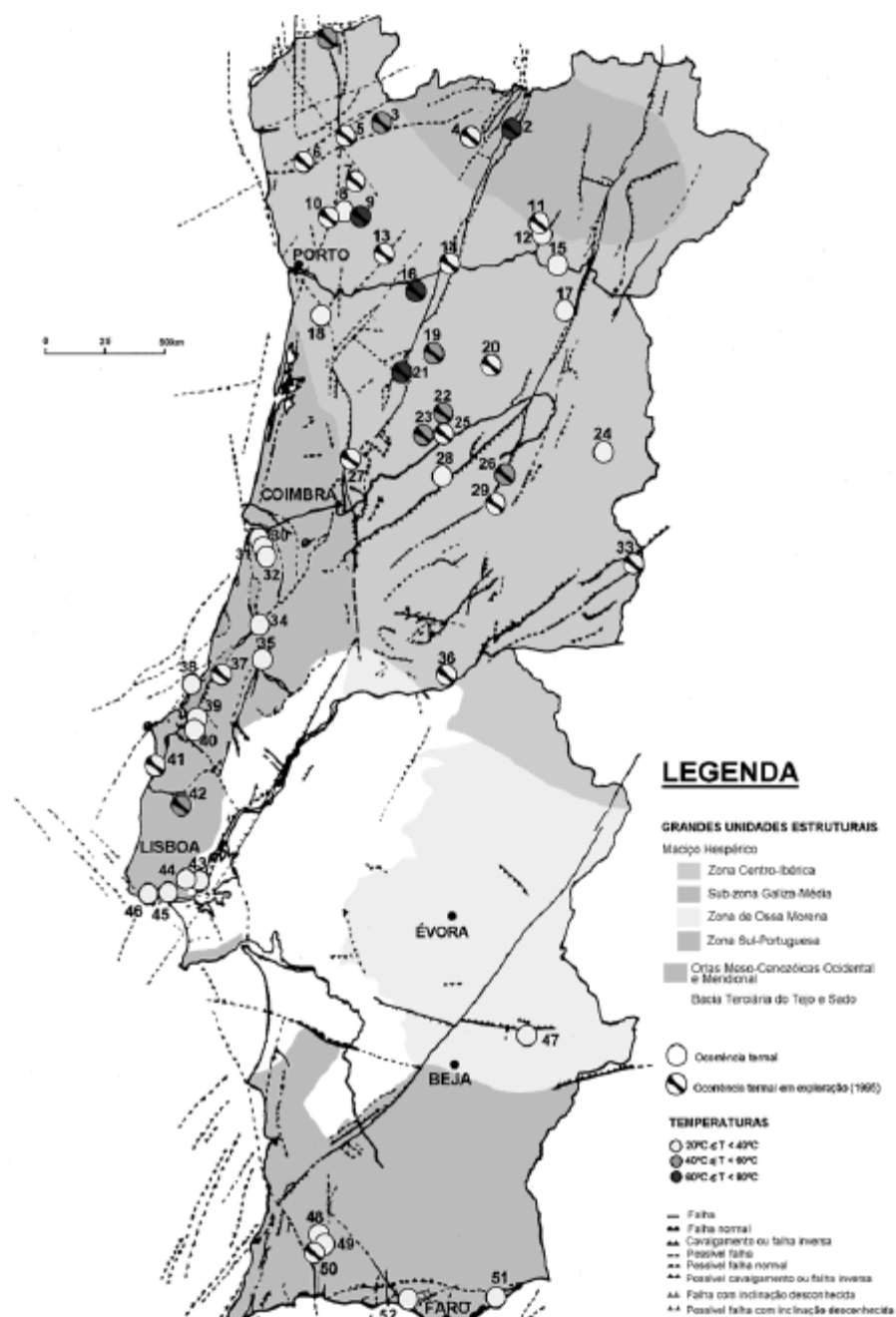


Figura 20 - Distribuição, por temperaturas, das ocorrências termais nas grandes unidades estruturais adaptado de (LOURENÇO & CRUZ, Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental, 2005).

As nascentes termais localizam-se principalmente na zona norte e centro do Maciço Hespérico, designadamente na zona Centro-Ibérica, revelando, por vezes, temperaturas mais elevadas. Tal facto, é devido à sua distribuição intimamente relacionadas com

grandes acidentes tectónicos, ao longo dos quais se alinham importantes emergências, apresentando como manifestação mais expressiva a falha Penacova-Régua-Verin, enquanto as nascentes localizadas nas Orlas Meso-Cenozóicas Ocidental e Meridional estão estreitamente relacionadas com falhas ativas ou diápiros salinos, verificando-se, na maioria dos casos, a concorrência de ambos (LOURENÇO & CRUZ, Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental, 2005).

As temperaturas das ocorrências não excedem os 80°C, tendo em conta, as profundidades perfuradas, verificando-se predominância entre os 20°C e os 40°C, tal como indica a figura 21.

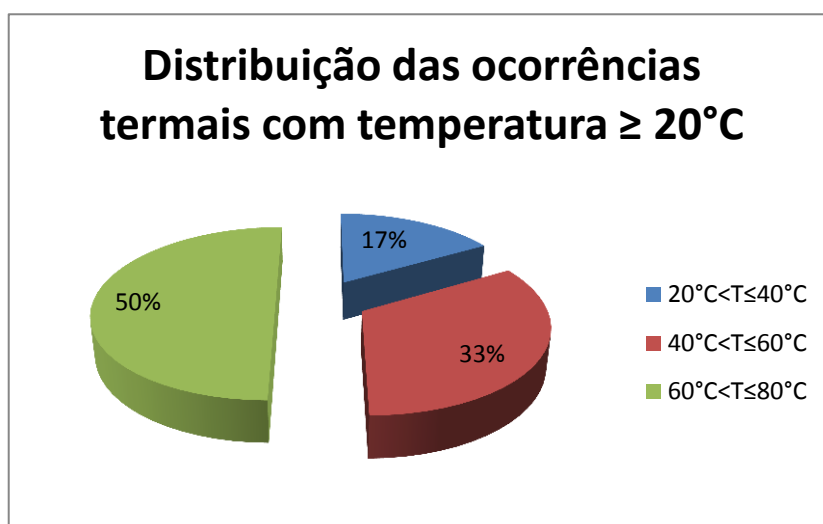


Figura 21 - Distribuição das ocorrências termais com temperaturas superiores a 20°C adaptado de (LOURENÇO & CRUZ, Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental, 2005).

No entanto estas percentagens podem ser alteradas consoante o desejado numa determinada obra, isto é, é possível aumentar ou diminuir temperaturas, variando profundidades, obtendo assim o desejado, sem desperdiçar recursos. Estudos científicos de geotermometria, também indicam que é possível aumentar temperaturas se aumentarmos a profundidade, desde que, não haja riscos de contaminação, nem descidas significativas do nível piezométrico.

Relativamente ao quimismo das ocorrências, este é diversificado, sendo frequente águas bicarbonatadas e cloretadas, predominantemente sulfúreas, caracterizadas pela presença de formas reduzidas de enxofre, elevados teores em sílica e do ião fluor e valores de pH elevados.

### **3.2.2. Águas Normais**

As águas ditas “normais”, são as águas que através de extração subterrânea, contêm características específicas, podendo ser utilizadas para diversos fins, classificados no (Decreto-Lei nº 46/94, 1994) de 22 de Fevereiro:

- Consumo Humano;
- Agricultura;
- Indústria;
- Produção de energia;
- Turismo;
- Outros.

A nível de gestão, isto é da atividade económica, as águas “normais” pertencem ao domínio hídrico (Decreto-Lei nº 46/94, 1994) de 22 de Fevereiro e são geridas pelo Instituto da Água – INAG do Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

O Recurso à utilização de água subterrânea no abastecimento público, seja como reforço das reservas hídricas superficiais ou como origem de água principal, é um expediente recorrente nos climas mediterrânicos, onde a variabilidade, intra-anual e inter-anual, do regime pluviométrico gera nos regimes fluviais sucessões de períodos secos (Portal da Água, 2010). Quando há escassez das águas superficiais, torna-se uma boa alternativa o aproveitamento de águas subterrâneas.

Contudo, para a utilização destas disponibilidades hídricas é essencial a preservação da sua qualidade e a criação de um padrão de utilização sustentável. Ao longo dos tempos, diversos tipos de contaminação têm contribuído para uma gradual deterioração da qualidade dos solos e águas subterrâneas associadas. Um número crescente de resíduos de

fertilizantes, produtos fitossanitários, e outros compostos inorgânicos e orgânicos têm sido detetados em massas de água subterrânea, alterando a composição natural da água, limitando a sua utilização na rega e abastecimento público, e criando sérios problemas nos ecossistemas terrestres e aquáticos associados. (Portal da Água, 2010)

### 3.2.3. Projetos de Aproveitamento Geotérmico em Portugal Continental

Apesar da abundância de ocorrências geotermiais de baixa entalpia, ao longo de todo o território nacional, apenas há poucos anos é que o aproveitamento, é feito para além do aproveitamento termal. Assim sendo, com a crise económica instalada, a procura de alternativas para a poupança monetária tem sido uma vantagem para o crescimento inovador do aproveitamento geotérmico. Unidades hoteleiras, piscinas, estufas, habitações, escolas e hospitais, são as principais infraestruturas que investem em obras geotérmicas. O panorama nacional está descrito na tabela 4.

Tabela 4 – Projetos de aproveitamento geotérmico em Portugal Continental

Local	Temperatura (°C)	Caudal (m³/h)	Potência Instalada (MWt)	Utilização	Observações
Termas de Chaves	76	18	3,3	Produção de água quente sanitária, climatização e estufas	Em exploração Estufas abandonadas
Termas de S. pedro do Sul	68	32,4	4,0	Produção de água quente sanitária, climatização e estufas	Em exploração
Vouzela	66		4,0	Estufas de frutos tropicais	Em exploração
Caldas de Vizela	62		1,0	Aquecimento de hotel, piscinas e água quente sanitária	Pequeno projeto-piloto num hotel
Termas de Alcafache	51	12,6	0,8	Produção de água quente sanitária, climatização	
Hospital da Força Aérea (Lumiar)	50	18		Produção de água quente sanitária, climatização e água potável fria	Não funciona, devido a problemas estruturais na captação
Caldas de Monção (figura 25)	50		1,0	Produção de água quente sanitária, climatização e aquecimento de piscinas	Em exploração
Caldas de Manteigas	48		1,0	Produção de água quente sanitária, climatização e aquecimento de piscinas	Concluído o estudo de viabilidade
Serviços Sociais das Forças Armadas (Oeiras)	30	6		Produção de água quente sanitária e água potável fria	Não funciona devido a problemas de salinização na captação
Termas do Carlão	29		0,02	Estufas	Abandono pelo concessionário



A gestão técnica é, na sua essência, um problema de engenharia dos recursos hídricos – e particularmente, de aquíferos e captações – de um recurso geológico com um valor económico muito acrescido em relação às águas normais. Na indústria de águas minerais e de nascente – termalismo e engarrafamento – a tolerância em relação a desvios à qualidade química e microbiológica é muito pequena, daí ser natural a exigência de grandes cuidados, superiores aos exigidos para águas comuns, em relação às questões de qualidade e constância de composição (CARVALHO J. M., Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas, 2006).



Figura 22 - Execução do furo de Caldas de Monção (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012).

#### **3.2.4. Metodologia**

A metodologia usada para o desenvolvimento de recursos de águas subterrâneas, tem sido uma abordagem clássica tentando ajustar o investimento e os consumos. Os estudos necessários para a realização de obras são geralmente:

- Avaliação do consumo, de longo a médio prazo;
- Análise do mapa geológico à escala 1:50.000, no entanto poderá ser necessário a análise de determinadas áreas, à escala de 1:1000 ou ainda escalas mais detalhadas, para conhecer estruturas, contactos, litologias, falhas, etc;

- Inventário da superfície e subterrâneo, controlando dados hidrodinâmicos e análises químicas;
- Interpretação de fotografias aéreas às escalas de 1:25000 e/ou 1:15000;
- Levantamentos geofísicos, principalmente de perfis de resistividade;
- Perfuração de furos, para determinação de estruturas, litologias, e, se possível, controlo hidrodinâmico;
- Realização de furos de avaliação-produção;
- Restrições ambientais,
- Incluir inventário dos riscos de contaminação, realizar avaliação de vulnerabilidade, e delinear áreas de proteção. Áreas estudadas variam de 2 a 30 km<sup>2</sup>.

Esta abordagem, tem permitido obter bons resultados. Se se considerar uma produção bem-sucedida nos furos que sejam capazes de fornecer 0,5 ls<sup>-1</sup>, encontra-se uma taxa de sucesso desta metodologia, de 61%. No entanto, se se considerar os 62 poços resultantes de levantamentos geofísicos, a taxa de sucesso eleva-se para 85% (CARVALHO J. M., Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas, 2006).

#### **3.2.4.1. Implantação de furos**

A falta de precisão de fotografias através de satélite para levantamentos de pormenor, devido às estruturas não serem claramente visíveis leve a que esta técnica não permite, em geral a localização final para a exploração direta. A solução para estes problemas é não só uma questão de estrutura (exemplo: falha). É necessário entender o papel destas estruturas nos circuitos hidrominerais (e não-minerais), e isto, como regra, não pode ser feito através de deteção remota. A prospeção pelo método das resistividades geo-elétricas é considerada uma ferramenta muito útil para mapear prováveis estruturas circuladas com uma precisão razoável, lateralmente e em profundidade. O método tem sido usado em Portugal desde 1970, e parece particularmente apropriado quando procuramos por águas mineralizadas (acima de 400 ppm) num ambiente granítico. Neste caso, o método demonstra anomalias de resistividade baixa sobrepostos a um background resistente. Geralmente, os furos são projetados de forma a ficarem verticais ou com alguma inclinação até intercetarem uma zona com interesse hidrogeológico a cerca de 50-80 m de profundidade, tendo em conta, as

estruturas e a provável direção do fluxo. Contudo podem ser perfuradas falhas com fluxo hídrico a cerca dos 300 m de profundidade, ou mais.

Nalguns casos, particularmente em rochas graníticas, tais anomalias correspondem a bandas graníticas muito alteradas com baixa condutividade hidráulica.

Existe atualmente uma vasta gama de aparelhagens e métodos de prospeção geofísica, de superfície e profundidade, que desempenham um papel essencial na prospeção e localização de estruturas geológicas potencialmente favoráveis à ocorrência de água subterrânea, reduzindo a incerteza na pesquisa e os custos associados às sondagens improdutivas (ROCHA, RAMALHO, PARALTA, & AFONSO, 2003).

### **3.3. Legislação**

A vontade de aproveitamento geotérmico no arquipélago, para produção de energia elétrica, surgiu no Arquipélago dos Açores na década de setenta, assim sendo, surgiu o primeiro documento legal relativo à geotermia, o Decreto-Lei nº560/-C/76, de 16 de Julho, o qual veio definir o regime a que ficou sujeita a prospeção, exploração de recursos geotérmicos e determinar a integração dos mesmos no domínio público do Estado.

Posteriormente, o aproveitamento geotérmico através de utilização direta em Portugal Continental, determinou a fixação de um novo quadro jurídico que veio a ser integrado no conjunto legislativo referente aos recursos geológicos e foi publicado em 16 de Março de 1990.

Assim sendo, a geotermia ficou enquadrada pelos Decretos-Lei 90/90, e 87/90, ambos de 16 de Março, os quais definem recurso geotérmico como: fluidos e formações geológicas do subsolo, de temperatura elevada, cujo valor seja suscetível de aproveitamento. A forma de aproveitamento está descrito na figura 23.

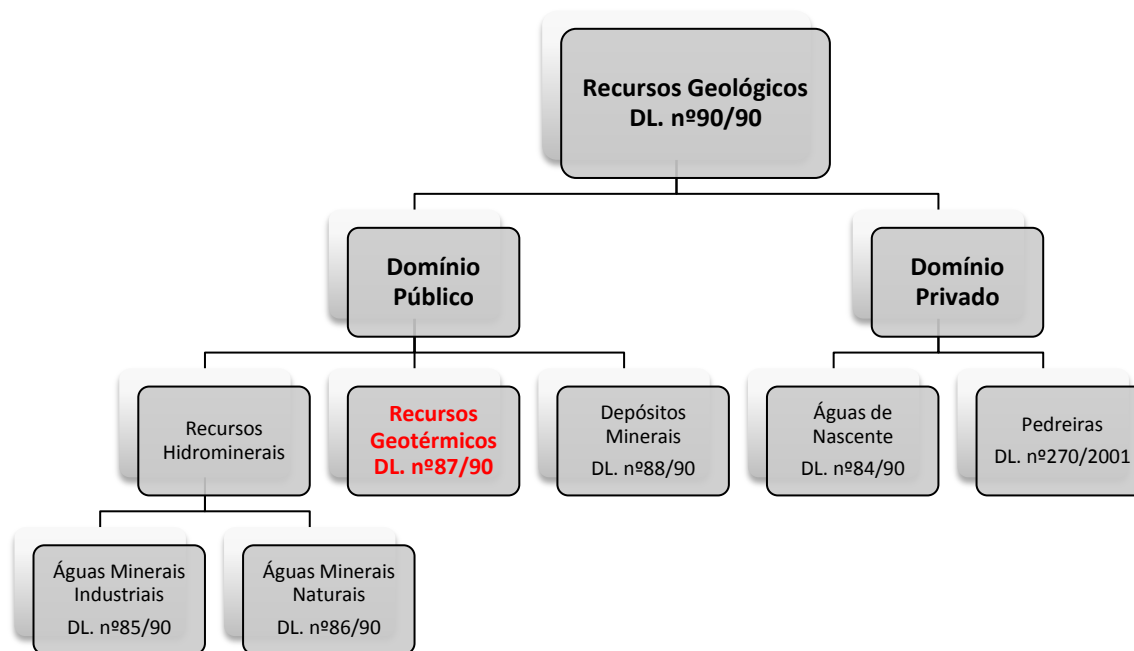


Figura 23 - Decreto-Lei 90/90 de 16 Março. Legislação, prospeção, pesquisa e exploração

A exploração de recursos geotérmicos deve ser realizada em moldes técnicos adequados à natureza e características dos recursos, nomeadamente definindo um plano de exploração devidamente fundamentado no estudo hidrogeológico do aquífero, assegurando a sua preservação e controlando periódica e regularmente a sua evolução temporal. Por estas razões o concessionário deve ser assessorado por um Diretor Técnico com a formação técnico-científica apropriada (Artº25º do Decreto-Lei nº87/90).

O Plano de Exploração (Artº24º) pode, e deve, ser revisto sempre que uma alteração no sistema de exploração tenha lugar. O concessionário está obrigado a facultar à Administração os elementos de informação estatística e técnico-científica que possibilitem o acompanhamento da exploração bem como a melhoria do conhecimento hidrogeológico do território nacional. Em contrapartida, o concessionário pode beneficiar de informação e conhecimentos hidrogeológicos disponíveis e beneficiar mesmo, em circunstâncias a definir, do apoio técnico-científico da Direcção-Geral de Energia e Geologia (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2010).

## 4. Projeto de Aproveitamento Geotérmico - Chaves

### 4.1. Fase I – Estudo do recurso geotérmico

Atendendo ao desenvolvimento da depressão Régua-Verin em que a Bacia de Chaves se insere, a fracturação dominante é NNE. (ACAVACO, Estudo Hidrogeológico das emergências de Águas Minero-medicinais de Chaves - Tarefa 1, 1982a) e (FERREIRA, CARVALHO, & MENDONÇA, 1982) mostraram, com recurso a levantamentos geoelectricos de pormenor de apoio a cartografia geológica, à escala 1/5000, que o polo atual é resultante da interceção de fracturação NNE com a importante falha NW, inferindo daí a eventual ocorrência de outro polo no sector de Outeiro Seco. Algumas destas falhas são comprovadas por medições de condutividade da água dos aquíferos efetuados, ao nível da bacia revelando anomalias condutoras ao longo das principais fraturas – (ACAVACO, Execução de dois furos de Captação de Água Subterrânea no Vale de Chaves, 1987).

O campo geotérmico de Chaves, representado na figura 24, nesta perspetiva seria controlado por típico dispositivo fissural/filoneano ativado pela tectónica recente. Este dispositivo permitiria a rápida subida dos fluidos geotérmicos provenientes de águas meteóricas aquecidas em profundidade desconhecidas a temperaturas de  $123^{\circ} \pm 10$ , (ALMEIDA F. M., 1982).

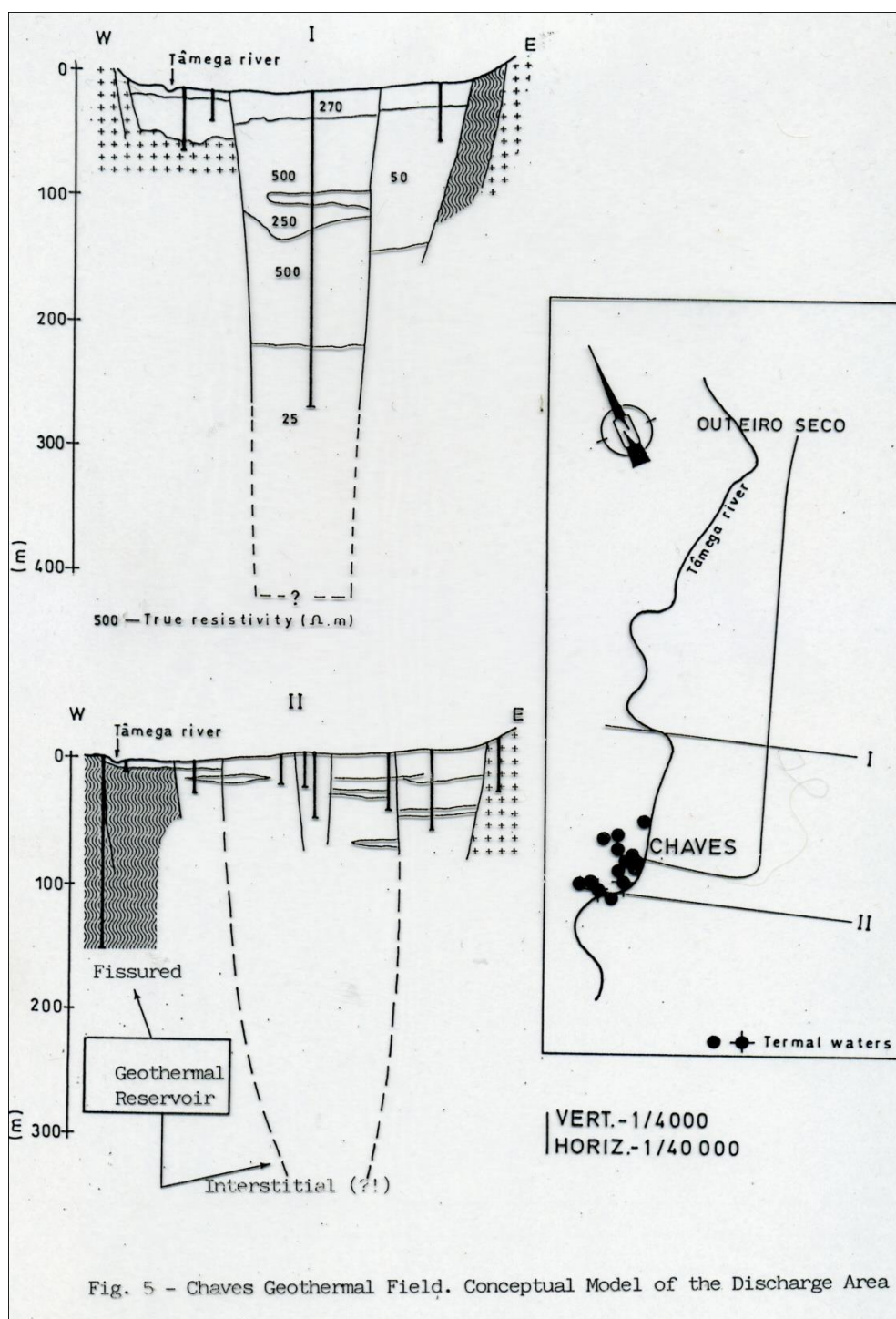


Figura 24 – Campo Geotérmico de Chaves (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012)

## **4.2. Fase II – Captação**

A captação por poço de (ANDRADE, 1952) instalada diretamente sobre os xistos e micaxistos silúricos recortados pontualmente por densa rede de filões de quartzo hidrotermal fornecia água a cerca de 74°C. No local ocorrem aluviões Quaternários do Rio Tâmega com espessura de cerca de 4 metros, sendo o nível piezométrico da circulação termal ligeiramente superior ao do aquífero aluvionar. Estas circunstâncias ajudam a explicar a ocorrência das emergências termais numa área circundante da Bacia de Chaves (CARVALHO & SILVA, 1988).

A captação atual situada no polo clássico no centro da cidade de Chaves consiste em dois furos. No furo AC1 com profundidade de 100 m captando água tipo Chaves a 76°, (ACAVACO, Estudos Hidrogeológicos das Emergências de Águas Minero-medicinais de Chaves - Tarefa 2 - Estudo Geofísico e Execução de Furos de Pesquisa, 1982b) com dimensionamento típico para a pesquisa e captação de águas minerais (entubamento inox  $\phi$  5''x4'') foi reconhecido um caudal específico de 11,3 l/s/m tendo sido recomendado apenas um caudal de exploração de 10 l/s por razões hidrodinâmicas e ambientais. Durante a perfuração o caudal espontâneo atingiu 40 l/s. Diagrafias termométricas efetuadas neste furo mostram uma inversão de gradiente a partir dos 50 m, confirmando que foi intercetada circulação de água quente apenas até aquela profundidade nos filões de quartzo encaixados nos xistos silúricos, (ACAVACO, Obra 1594 - Furos de Pesquisa de água mineral para C. M. de Chaves, 1981).

A captação AC2 implementada e efetuada com os mesmos critérios a 200 m de AC1 sobre fracturação NNE apresenta um caudal específico 0,8 l/s/m tendo sido recomendado um caudal de exploração de 5 l/s. O gradiente geotérmico sobe regularmente até à profundidade final de 150 m. Á cabeça foi registada a temperatura de 78°C (CARVALHO & SILVA, 1988).

Os trabalhos efetuados na Bacia de Chaves, no período de 1985/1987, embora com o objetivo estrito de captar água para fins agrícolas na Veiga de Chaves, acabou por fornecer indiretamente, pistas para um melhor conhecimento no modelo conceptual do campo

geotérmico de Chaves. À partida foi admitido pelos termos de referência do concurso internacional então lançado e de acordo com os dados existentes sintetizados por (OLIVEIRA, ALBUQUERQUE, & GUERREIRO DE MATOS, 1982) que a espessura de sedimentos na Bacia não ultrapassaria 100 m.

A interpretação da profundidade ao “bed rock” é ainda considerada duvidosa devido à limitação imposta pela linha de emissão utilizada na prospeção geoelectrica (resistividades) e pela não realização de sondagens que o alcançassem. No entanto, os trabalhos de pesquisa direta efetuados confirmaram a ocorrência de uma fossa, certamente de origem tectónica, com cerca de 0,5 km de largura (CARVALHO & SILVA, 1988).

A sequência geoelectrica reconhecida inclui um troço superior até à profundidade de cerca de 190 m com resistividade de 300 a 600 ohm, metro, compatível com a ocorrência de águas potáveis e de uma “camada” na base dos depósitos detríticos com 25 a 50 ohm, metro. Esta resistividade é compatível com a ocorrência de depósitos argilosos ou alternativamente, de depósitos detríticos contendo águas de mineralização elevada.

O furo mais profundo - AC1, executado na parte central da fossa para aproveitamento de água à cidade, acabou à profundidade de 218,5 metros (ACAVACO, Execução de dois furos de Captação de Água Subterrânea no Vale de Chaves, 1987). Não foi assim confirmada nem, a espessura dos depósitos detríticos nem a composição litológica e a natureza de eventuais aquíferos em profundidade.

Os dados de 1988–permitem antever a possibilidade de ocorrência em profundidade, na parte central da fossa, de um depósito detrítico eventualmente em comunicação com uma importante armadilha fissural responsável pela emergência de fluidos geotérmicos (CARVALHO & SILVA, 1988). Teríamos assim, um sistema geotérmico fissural alimentando formação detrítica com permeabilidade de interstícios na qual seria previsível efetuar captações geotérmicas com risco geológico relativamente pequeno.

Uma sondagem de pesquisa em Outeiro Seco, efetuada sobre granitos em nó tectónico semelhante ao de Chaves, forneceu água fria bicarbonatada sódica, revelando, assim, a sua ligação ao bordo W do Campo Geotérmico de Chaves, (ACAVACO, Estudo Hidrogeológico do Aquífero Termal de Aregos., 1987).



#### 4.2.1. Propriedades físico-químicas da água

As águas minerais das Caldas de Chaves são águas gasocarbónicas, híper-mineralizadas e híper-termais. A mineralização total é cerca de 2500 mg/l (furo AC1) e 2560 mg/l (furo AC2). (CARVALHO & SILVA, 1988). Esta água tem origem na chuva que precipita em áreas de cota elevada das montanhas que ladeiam a denominada veiga de Chaves que corresponde geologicamente ao Graben de Chaves. Trata-se portanto de uma água de origem meteórica. Esta água mineral está associada à tectónica da região com especial relevância para a grande falha que se estende desde Verin (Espanha) até Penacova (Portugal). A recarga do aquífero mineral verifica-se em zonas de cota elevada (Planalto da Bolideira), infiltrando-se através da fracturação e fazendo um percurso até cerca de 4 km de profundidade, subindo depois até à superfície na zona do vale. Durante este percurso, a água aumenta de temperatura e incorpora no seu seio elementos químicos das rochas encaixantes, resultando o seu enriquecimento em sais minerais com predominância para o bicarbonato, o sódio e o fluor. A água mineral quente emerge naturalmente em pontos localizados juntos à buvete.

As tabelas 5, 6, 7, e 8, detalham as características da água extraída, tanto do furo AC1 como do AC2.

Tabela 5 - Características gerais dos dois furos

Furo	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Temperatura (°C)
AC1	36	70
AC2	18	76

Tabela 6 - Características físico-químicas da água - gerais

Temperatura média (°C)	73,0	°C
pH	6,83	
Condutividade a 19°C	2,17 E+03	µS/cm
Alcalinidade (de HCl 0,1 M)	270,0	mL/L
Resíduo seco	1646	mg/L
Dureza Total	7,8	p.p. 10 <sup>5</sup> de CaCO <sub>3</sub>
Sílica	76,5	mg/L

<b>Mineralização total</b>	2470	mg/L
<b>Dióxido de Carbono</b>	600	mg/L

Tabela 7 - Características físico-químicas da água - catiões

<b>CATIÕES</b>		
<b>Sódio - Na<sup>+</sup></b>	583,0	mg/L
<b>Cálcio - Ca<sup>2+</sup></b>	20,7	
<b>Potássio - K<sup>+</sup></b>	59,2	
<b>Magnésio - Mg<sup>2+</sup></b>	5,2	
<b>Lítio - Li<sup>+</sup></b>	2,3	
<b>Amônio - NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	1,34	
<b>Ferro - Fe<sup>2+</sup></b>	0,2	

Tabela 8 - Características físico-químicas da água - aniões

<b>ANIÕES</b>		
<b>Cloreto - Cl<sup>-</sup></b>	38,7	mg/L
<b>Sulfato - SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	26,5	
<b>Fluoreto - F<sup>-</sup></b>	8,4	
<b>Hidrogenocarbonato - HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	1647	
<b>Nitrato - NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	0,43	
<b>Nitrito - NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	<0,005	

Considera-se então, a nível de quimismo uma água bicarbonatada sódica, fluoretada.

### 4.3. Fase III - Monitorização

Inicialmente os fluxos de água extraídos através dos dois furos, eram utilizados em simultâneo fornecendo assim, com temperaturas mais elevadas à piscina, seguidamente ao hotel, e por último a cerca de 3 km, e com uma temperatura a cerca de 30°C a estufas agrícolas. A planta topográfica do complexo geotérmico, pode ser verificada através do anexo 1. O AC2, servia apenas para balneoterapia das termas de Chaves. Com o passar dos anos, este sistema deixou de se praticar, no entanto, atualmente, os dois furos, são

utilizados para fins diferentes dos iniciais, e a sua esquematização pode ser verificada através do anexo 2.

É necessário fazer o aproveitamento dos recursos, segundo normas técnicas adequadas e em harmonia com o interesse público do melhor aproveitamento desses bens, explorando, sempre que possível, os recursos do domínio público que sejam revelados na área demarcada com reconhecido valor económico e desde que se verifique compatibilidade de exploração (Decreto de Lei n.º 90/90 de 16 de Março, 1990).

O furo AC1, e AC2, encontram-se devidamente isolados, pois segundo o relatório (GOMES, 1999), o perímetro de proteção é a área contígua à captação na qual se interditam ou condicionam as instalações e as atividades suscetíveis de poluírem as águas subterrâneas. Todas as captações de águas subterrâneas têm que estar devidamente protegidas contra a introdução de substâncias poluentes e atos de vandalismo, através de uma porta ventilada. Assim sendo, através da análise das figuras 25 e 26, é possível verificar que as captações encontram-se conforme os decretos acima referidos.



Figura 25 – Zona de Captação AC1



Figura 26 – Zona de Captação AC2

No interior dos reservatórios, onde se encontra a captação propriamente dita, encontram-se todos os sistemas de controlo através de sensores, representado pelas figuras 25 e 26, tais como:

- Condutividade;
- Pressão;
- pH;
- Temperatura;
- Caudal.

No entanto, tais sensores não se encontram, ainda, em correto funcionamento pelo que, o controlo é feito manualmente, diariamente. Na figura 27, encontra-se a central de controlo dos parâmetros, com o local dos sensores, do furo AC1.



Figura 27 – Sistema de controlo do furo AC1

Na figura 28, está ilustrado o painel que apesar de estar em funcionamento com as características do furo AC1, apresenta alguns erros de ajustamento, pelo que, o que aparece no visor não é o que se encontra na realidade.



Figura 28 – Painel de Controlo do furo AC2

O fluxo de água geotermal, sai da captação e desloca-se através de tubagem apropriada para a central geotérmica. Na central geotérmica encontra-se um by-pass que controla a quantidade de água que entra nos reservatórios, tal como indica a figura 29. Também é possível, se necessário, através deste mesmo sistema, a junção de fluxos provenientes das duas diferentes captações.



Figura 29 – Sistema by-pass da central geotérmica

Existem 2 reservatórios com dimensões iguais, preparados para armazenar 10.000 litros de água geotermal. Cada um é referente a um furo, isto é, um deles recebe fluxo proveniente de AC1, e o outro de AC2, não havendo assim contacto entre as águas dos dois furos, que, aliás, são semelhantes.

As utilidades destas águas são distintas, devido às disponibilidades, e à procura da mesma para benefício de diferentes usos. Assim sendo, as águas contidas no reservatório do AC1, encontram-se a uma temperatura média de 62°C, e servem para:

- Aquecimento balneário, de todo o recinto das termas (cerca de 6500 m<sup>2</sup>);
- Aquecimento ambiente do hotel Aquae Flaviae, com auxílio de permutador;
- Utilização de águas quentes para lavandaria (1000 kg de roupa diária).

Este sistema, ilustrado na figura 30, funciona em circuito fechado, de modo que, a água remanescente retorne à central voltando a ser aquecida, para posterior utilização.

Por exemplo, no dia 27-03-2013, encontrava-se uma temperatura ambiente de cerca de 9 °C, e num dado instante o caudal de ida para o hotel era de 49 m<sup>3</sup>, com uma temperatura de ida de 61 °C, no entanto a temperatura de chegada era de 39 °C. Apenas existia uma variação de 22 °C, que apesar de ser grande, face às condições ambientais, é perfeitamente aceitável e normal.



Figura 30 – Sistema de envio e receção de água, para o hotel

As águas provenientes do furo AC2, são usadas para os tratamentos termais, efetuados nas termas de Chaves, e para utilização das piscinas municipais. Assim sendo, as termas oferecem diferentes tipos de tratamentos com a utilização da água termal, tais como:

- Técnicas de Imersão;
- Técnicas a Vapor;
- Técnicas Duche;
- Inaloterapia.

Cada tratamento é diferente e com características específicas, como tal a temperatura da água termal varia consoante o tratamento a executar. Assim sendo, e para conseguir-se atingir as temperaturas desejadas, a água que se encontra nos reservatórios é misturada.

Existem três reservatórios com capacidade de 30.000 litros cada, numa zona exterior, na central geotérmica, tal como indica a figura 31. Dois dos reservatórios exteriores encontram-se a 30°C, e o outro encontra-se a 50°C.



Figura 31 – Depósitos de água com capacidade de armazenamento para 30.000 litros



Os reservatórios que se encontram a 30°C, sofrem uma descida de temperatura devido ao transporte, e da própria temperatura ambiente, pois que, apesar do isolamento do sistema, é inevitável a ocorrência de perdas de calor. No entanto estas perdas não são suficientes para garantir que o fluxo baixe a temperatura até ao valor pretendido. Como tal, ainda é necessário, a utilização de uma torre de arrefecimento, que serve para fazer afinação, de aproximadamente 10°C. Assim sendo, é constatável que através da necessidade dum sistema de arrefecimento, o fluxo geotérmico existente, considera-se acima das necessidades devido à sua elevada temperatura.

#### **4.3.1. Higienização**

Na central geotérmica, existe um sistema CIP (Clean in place) que permite uma desinfeção completa de todas as tubagens e reservatórios do interior do balneário termal (aproximadamente 6 quilómetros), e assim, uma vez por semana, os tubos de Inox 316L, são limpos com hipoclorito, e por vezes com a água dos depósitos a 76°C, pois segundo o (Decreto-Lei n.º 142/2004, 2004) é necessário velar pela higiene das instalações e equipamentos clínicos.

A figura 32, identifica a captação do furo AC1 para abastecimento da população, demonstrando boas características para o consumo populacional.



Figura 32 – Captação por poço de Chaves (Freire de Andrade)



## 5. Viabilidade Económica

Todos os projetos, independentemente dos fatores envolventes que o afetam de forma positiva ou negativa, sendo estes ambientais, sociais e/ou políticos variam drasticamente consoante o fator financeiro. Assim sendo, é crucial a realização de projetos/estudos de viabilidade económica que complementam o projeto principal.

Como tal, um estudo de Viabilidade Económica e Financeira é fundamental, quer para projetos relativos à criação de uma nova empresa, quer para projetos na perspetiva de uma empresa já em atividade e que necessite de avaliar a valia de um eventual projeto de investimento a realizar e qual o seu impacto na empresa. A implementação de um projeto de investimento, implica uma profunda análise de mercado, da empresa, do produto/serviço e de um rigoroso plano de negócios que suporta a viabilidade do investimento (Estudo de viabilidade, 2012).

De forma, a estudar a viabilidade económica da obra descrita no capítulo 4, segue-se alguma informação já existente no relatório (CARVALHO J. , Estudo de viabilidade para a identificação da configuração final de um empreendimento geotérmico em Chaves, 2005), mas atualizados para a data. O complexo geotérmico de Chaves, está de momento operacional, através do furo AC1 e AC2 para:

- Hotel Aqua Flaviae;
- Termas de Chaves;
- Piscina Municipal.

No presente ano, irá construir-se uma nova piscina municipal, maior que a já existente, aquecida com um novo furo, cuja designação não foi ainda escolhida.

Atualmente o que se verifica, é que o furo AC1 é utilizado através de circuito fechado, para o Hotel Aqua Flaviae, e para a climatização das Termas. O furo AC2, é utilizado para balneoterapia, e para a piscina municipal. Num futuro próximo, existirá um outro furo, que será utilizado para balneoterapia e para abastecer uma nova piscina municipal.

Os valores de energia e potência disponíveis para a rede urbana de calor são apresentados na tabela 9. A água mineral natural arrefecida é encaminhada para fins de balneoterapia pois possui um elevado conteúdo energético.

Tabela 9 - Energia e Potência disponíveis em cada um dos furos, AC1 e AC2.

<b>Captação</b>		<b>AC1</b>	<b>AC2</b>
Caudal	l/s	10	5
T <sub>água ida</sub>	°C	70	75
T <sub>água retorno</sub>	°C	50	50
Potência disponível	kW	837	523
Energia disponível	GJ/ano	26.407	16.504

A realização de um terceiro furo, está de momento a ser projetada, para a realização do mesmo, ainda neste ano de 2013, e espera-se conseguir encontrar os valores de caudal e temperatura descritos na tabela 10.

Tabela 10 - Caudal e temperatura esperada para a o furo AC3

<b>Captação</b>		<b>AC3</b>
Caudal	l/s	10
T <sub>água ida</sub>	°C	76
Potência disponível	kW	?
Energia disponível	GJ/ano	?

A tabela 11, revela os valores das necessidades e das cargas térmicas para estes edifícios.

Tabela 11 - Energia e Potência Requerida

	<b>Necessidades Térmicas (GJ/ano)</b>	<b>Carga Térmica (kW)</b>
Hotel Aqua Flaviae	2.191	431
Termas de Chaves	572	271
Piscina Municipal	2.992	765
Total	5.755	1.467
Fator de simultaneidade		70%
<b>Total</b>		<b>1.027</b>

Através da comparação da tabela 9 com a tabela 11, é possível verificar que o furo AC1, é completamente capaz de abastecer os edifícios previstos, tal como o furo AC2.

### 5.1. Caracterização Energética para os Consumidores

Através dos dados recolhidos no relatório seguinte, (CARVALHO J. , Estudo de viabilidade para a identificação da configuração final de um empreendimento geotérmico em Chaves, 2005), e dos preços atuais, é possível quantificar os consumos e custos de energias, descritos na tabela 12 e 13.

Tabela 12 - Equivalências, rendimentos e custos unitários

	<b>PCI (MJ/kg)</b>	<b>Custo</b>	<b>Rendimento de Combustão (%)</b>
Propano	46,4	2,16 €/kg	75
Energia Elétrica	-	0,14 €/kWh	-

Tabela 13 - Consumos e custos de energia

<b>Cliente</b>	<b>Propano</b>	<b>Energia Elétrica</b>	<b>Custo</b>
	Kg/ano	MWh/ano	€/ano
Hotel Aqua Flaviae	62.899	-	135.840
Termas de Chaves – AQS	-	159	22.260
Torre de Arrefecimento	-	171	24.000

<b>Cliente</b>	<b>Propano</b>	<b>Energia Elétrica</b>	<b>Custo</b>
	<b>Kg/ano</b>	<b>MWh/ano</b>	<b>€/ano</b>
Balneoterapia	-	257	36.000
Piscina	85.891	.	185.530
<b>Total</b>	<b>148.790</b>	<b>159</b>	<b>403.630</b>

Piscina Nova	110.000	-	237.600
--------------	---------	---	---------

### **5.1.1. Estudo**

Para a realização deste estudo formularam-se três cenários distintos:

Cenário A – Caso atual

Cenário B – Realização de um novo furo produtivo

Cenário C – Realização de um novo furo improdutivo

#### **5.1.1.1. Cenário A – Caso atual**

Este cenário, teve em conta os dados mais reais possíveis, no entanto há uma diferença que o distancia da realidade. O projeto geotérmico presente em Chaves, foi realizada em anos distintos, isto é, não houve um investimento total inicial, mas sim vários investimentos feitos ao longo dos anos. A construção da central geotérmica não foi construída ao mesmo tempo, nem pouco tempo após a realização dos dois furos – AC1 e AC2.

Este estudo considerou, que a obra foi feita numa só vez. Alterando um pouco o cenário real, mas com o mesmo objetivo e propósito, podendo chegar-se a uma conclusão lógica.

Considerando que o empreendimento de Chaves foi financiado com cerca de 75% do valor total do projeto, pela Câmara Municipal de Chaves, em 3 fases distintas do projeto previa-se um retorno total de investimento de todas as fases, de 7 a 10 anos.

Assim sendo, considerou-se um investimento total de 513.000,00 €, como é possível verificar através da análise da tabela 14.

Tabela 14 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projeto	27.900 €								27.900 €
Acompanhamento de Obra	10.000 €								10.000 €
Central Geotérmica / Permutadora (1)		84.000 €							84.000 €
Rede de Calor Geotérmico (2)			382.900€						382.900 €
Instalações Permuta (3)			3.200 €						3.200 €
Outros gastos			5.000 €						5.000 €
Investimento Total	37.900€	84.000€	391.100€						<b>513.000 €</b>

- (1) Sistema de bombagem, equipamento eletromecânico, permutador, monitorização e C. Civil;
- (2) Abertura/Tapamento de valas, instalações de tubagem da rede de calor geotérmica;
- (3) Adaptação das instalações térmicas (AQS, aquecimento ambiental, etc).

Este estudo considerou um empréstimo, ao longo de 5 anos, 10 semestres, com 60% do investimento total, ou seja, 307.800,00€. Tendo em conta a informação disponível na tabela 12 e 13, considerou-se que o número total de “vendas” anuais corresponde a 403.630,00 €.

Considerou-se diversos parâmetros, transcritos no anexo 3.1, de forma a ajustar o mais possível à realidade.

Assim sendo, existe retorno do investimento ao fim de aproximadamente 7 anos e 3 meses. Tendo em conta, a dimensão do projeto em questão, este valor torna-se bastante aceitável do ponto de vista energético, ambiental e económico.

#### 5.1.1.2. Cenário B – Realização de um novo furo produtivo

Ao considerar-se um furo produtivo, considera-se que houve sucesso na realização do mesmo, isto é, que a temperatura, o caudal, e qualidade de água, encontrados são propícios para o objetivo do mesmo.

Assim sendo, considerou-se um investimento total de 130.000,00 €, como é possível verificar através da análise da tabela 15.

Tabela 15 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento.

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projeto	20.000 €								20.000 €
Acompanhamento de Obra	5.000 €								5.000 €
Sistema de bombagem		47.000 €							47.000 €
Abertura/tapamento de valas, e tubagens			50.000€						50.000 €
Instalações Permuta			5.000 €						5.000 €
Outros gastos			3.000 €						3.000 €
Investimento Total	25.000€	47.000€	58.000€						<b>130.000 €</b>

Este estudo considerou a aquisição de um empréstimo, ao longo de 5 anos, 10 semestres, com 60% do investimento total, ou seja, 78.000,00€. Tendo em conta a informação disponível na tabela 12 e 13, considerou-se que o número total de “vendas” anuais corresponde a 237.600,00 €.

Considerou-se diversos parâmetros, transcritos no anexo 3.2, de forma a ajustar o mais possível à realidade.

Assim sendo, existe retorno do investimento ao fim de aproximadamente 3 anos e 9 meses. Este tempo de retorno poderia ser considerado elevado, no entanto é necessário ter em consideração que o valor de “vendas” anuais, é exclusivo ao aquecimento da nova piscina municipal, e como já foi referido acima, o furo AC3 pode ser utilizado para balneoterapia e/ou para outros utilizadores, caso haja potência suficiente. Caso isto se verifique, o valor de vendas anuais aumenta significativamente e por consequência o tempo de retorno diminui.

#### 5.1.1.3. Cenário C – Realização de um novo furo improdutivo

Ao considerar-se um furo improdutivo, considera-se que é um furo seco, ou que não capta água geotérmica, logo será necessário executar-se outro furo com as características



semelhantes ao descrito em 5.1.1.2., como tal, o investimento inicial aumenta 40.000,00 €, perfazendo um total de capital investido de 170.000,00 €, como demonstra a tabela 16.

Tabela 16 - Mapa do custo do investimento (em euros), por datas de pagamento.

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projecto	20.000 €								20.000 €
Acompanhamento de Obra	5.000 €								5.000 €
Sistema de bombagem		57.000 €							57.000 €
Abertura/tapamento de valas, e tubagens			80.000€						80.000 €
Instalações Permuta			5.000 €						5.000 €
Outros gastos			3.000 €						3.000 €
Investimento Total	25.000€	57.000€	88.000€						<b>170.000 €</b>

Este estudo considerou a aquisição de um empréstimo, ao longo de 5 anos, 10 semestres, com 60% do investimento total, ou seja, 102.000,00€. Tal como no cenário B, considerou-se um valor de vendas anuais de 237.600,00 €.

Considerou-se diversos parâmetros, transcritos no anexo 3.3, de forma a ajustar o mais possível à realidade.

Assim sendo, existe retorno do investimento ao fim de aproximadamente 4 anos e 5 meses.

## 5.2. Benefícios ambientais

O empreendimento geotérmico de Chaves apresenta uma grande valia ambiental, visto proporcionar a substituição de combustível de origem fóssil pelo calor geotérmico. Os combustíveis fósseis substituídos são aqueles cuja queima direta se evita nas instalações do consumidor e por via indireta, pela redução do consumo de eletricidade.

A queima dos combustíveis fósseis provoca dois tipos de impactes ambientais: emissão de poluentes locais, que vão degradar a qualidade do ar, com consequentes impactes negativos na saúde pública, e emissões para a atmosfera de gases com efeito de estufa. Os gases, com efeito de estufa, mais importantes, são CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub>.

O complexo geotérmico atual reduz significativamente a emissão de gases com efeito de estufa de cerca de 370 ton CO<sub>2</sub> eq/ano (CARVALHO J. , Estudo de viabilidade para a identificação da configuração final de um empreendimento geotérmico em Chaves, 2005).

## 6. Conclusões e Recomendações

Este estudo serviu para concluir que em Portugal Continental é possível continuar a realizar aplicações geotérmicas, pois apesar da geotermia nas termas já estar praticamente esgotada, existem outras formas viáveis que permitem a sua aplicação em Portugal, particularmente a geotermia superficial.

A produção de energia elétrica com geotermia convencional apenas pode ser realizada nos Açores, onde são atingidas temperaturas muito elevadas a profundidades modestas devido ao vulcanismo.

No entanto, em Portugal Continental, o aproveitamento geotérmico, pode ser considerado mais complexo, pois, com as tecnologias correntes, pode ser realizado apenas para usos diretos não ocorrendo temperaturas que ultrapassem os 80°C (limite inferior do diagrama de Lindal para produção de eletricidade). Portanto, em Portugal continental a geotermia pode ser utilizada de três formas distintas consoante a complexidade geológica, hidrogeológica, geotérmica e do nível da procura, através de permutadores de calor, com bomba de calor geotérmica (geotermia superficial), e/ou no futuro eventualmente através de estimulação (EGS).

De todos os métodos descritos ao longo de todo este trabalho, o mais usual é o permutador de calor, devido à sua eficiência energética e custo reduzido de aplicação, sempre que haja recurso adequado à procura. O aproveitamento através de bomba de calor geotérmica (geotermia superficial) começou agora a ser mais procurado em Portugal devido à sua eficiência em empreendimentos mais reduzidos, tais como habitações particulares.

Existem diversos fatores que dificultam o avanço destas tecnologias, destacando apenas dois, que a meu ver são bastante importantes: a recessão económica que abala o país e a localização dos grandes centros populacionais se encontrarem na zona litoral que apresenta temperaturas amenas, torna-se um entrave significativo para o avanço desta tecnologia em Portugal. No entanto, a climatização é considerado um bem-essencial, tanto nos tempos mais frios como mais quentes, logo não seria perda de tempo investir na divulgação ambiental, económica das aplicações geotérmicas, para a consciencialização das empresas e das pessoas em geral. Pense-se na utilização de bombas de calor geotérmicas quer na produção de calor quer na de frio.

Nas condições descritas, é necessário o estudo de locais propícios para a aplicação geotérmica para disseminar as aplicações geotérmicas na população Portuguesa, como forma de energia limpa e economicamente viável, numa perspetiva sustentável.

É necessário estudar o País, conhecer as condições hidrogeológicas e geotérmicas do mesmo aportando uma visão integrante de projetos inovadores que o enriquecem e à economia, ao ambiente, dinamizando o conforto e o bem-estar da população. Investir em projetos que avaliem novas potenciais localizações, para novos projetos geotérmicos é uma mais-valia para todo o país.

Assim sendo, deve-se pensar em locais e possíveis formas de aplicação geotérmica, por exemplo, em Bragança, tendo em conta a complexidade geológica presente, e admitindo que se está presente aquíferos do tipo fissurado, será certo dizer que a exploração viável do recurso geotérmico será através de aquíferos superficiais ou através de captação de calor a pequena profundidade com bombas de calor geotérmicas (GSHP).

Em Évora, avaliando estudos já existentes como, (CORREIA & JONES, 1997) (CORREIA & RAMALHO, New heat flow density data from southern Portugal: a geothermal anomaly revisited, 1998) (CORREIA & RAMALHO, Update Heat Flow Density Map for Portugal, 2010), complementando como novos dados e novos estudos, poder-se-á chegar à conclusão

que Évora, é capaz de sustentar obras com o aproveitamento geotérmico através dos aquíferos superficiais existentes.

## 6.1. Análise do Capítulo 4 e 5

Através da análise do capítulo 4 e 5, é possível verificar que comparativamente com outros complexos geotérmicos, tabela 17, o período de retorno de investimento existente no complexo geotérmico de Chaves é bastante interessante.

Tabela 17 – Período de retorno dos diversos empreendimentos geotérmicos em Portugal Continental (CARVALHO J. , Apontamentos Teóricos - Geotermia, 2012)

<b>Data</b>	<b>Localização</b>	<b>Período de retorno (anos)</b>
1988	Air Force Hospital (Lisboa)	9
1988	Hospitais S. José e Sta. Maria (Lisboa)	7
1989	Chaves	5
1991	S Pedro do Sul	6
1995	Hospital Egas Moniz (Lisboa)	3
1995	Monção	10
1995	Chaves	7
1995	S. Pedro do Sul	7
1995	Manteigas	6
1998	Monfortinho	9
2000	Vouzela (Vau)	9
2001	Moledo	4
2002	Manteigas	5
2005	Monção	4
2005	Chaves	4 a 10
2008	Ferraria (S. Miguel, Açores)	0, 5
2008	Carapacho (Graciosa, Açores)	5

Na realidade, o complexo de Chaves foi realizado em 3 fases distintas, tal como a tabela 21 indica, em 1989 a realização dos dois furos, posteriormente em 1995 a reconversão das termas, e depois em 2005 a construção da central geotérmica. Logo é uma central geotérmica que foi evoluindo ao longo dos anos, tal como muitas outras em todo o mundo.

Atualmente em 2013, realizar-se-á um novo furo, e um novo projeto que completará o projeto inicial, realizando-se assim, 4 fases distintas.

Assim sendo ao complexo já existente de Chaves corresponde um período de retorno de investimento de 7 anos e 3 meses - não será a obra geotérmica portuguesa com o tempo de retorno do investimento mais reduzido, mas tendo em conta a potência fornecida é dos complexos com a relação potência/retorno mais interessantes. Tornou-se numa obra com características bastante especiais, com interesse para a realização de posteriores estudos, de modo a, conhecer o sucesso do complexo geotérmico de Chaves, podendo aplicar tais conhecimentos, na melhoria de outros complexos, ou até no pioneirismo de novas obras.

Nesta investigação, foi estudada a realização de um novo furo em dois cenários distintos. Num deles prevê-se que se realize numa só tentativa a captação do fluido geotérmico, em condições que justifiquem a sua exploração, e no outro cenário prevê-se que apenas se atinja o fluido geotérmico numa segunda tentativa, tendo custos acrescidos, pois efetua-se um furo inicial sem sucesso.

O cenário com dois furos tem um período de retorno de investimento superior, com um aumento do valor inicial de investimento de 40.000€, e um aumento o tempo de retorno, de apenas 8 meses. Mostra-se assim que estes projetos suportam a cobertura de alguma incerteza hidrogeológica.

Considerando apenas o cenário B - realização de um, e só um, novo furo produtivo – é perfeitamente aceitável que um investimento de 130.000 € obtenha retorno de investimento ao fim de 3 anos e 9 meses devido à elevada procura para aquecimento na piscina prevista.

## 7. Bibliografia

## Bibliografia

- ACAVACO. (1981). *Obra 1594 - Furos de Pesquisa de água mineral para C. M. de Chaves*. Lisboa: Relatórios Internos.
- ACAVACO. (1982a). *Estudo Hidrogeológico das emergências de Águas Minero-medicinais de Chaves - Tarefa 1*. Lisboa: Relatório apresentado a C.M. de Chaves.
- ACAVACO. (1982b). *Estudos Hidrogeológicos das Emergências de Águas Minero-medicinais de Chaves - Tarefa 2 - Estudo Geofísico e Execução de Furos de Pesquisa*. Lisboa: Relatório Apresentado à C.M. de Chaves.
- ACAVACO. (1987). *Estudo Hidrogeológico do Aquífero Termal de Aregos*. Lisboa: Relatório para FAMISA, SARL.
- ACAVACO. (1987). *Execução de dois furos de Captação de Água Subterrânea no Vale de Chaves*. Relatório para C. M. de Chaves, Lisboa.
- ADENE, & INETI. (2001). *Forum "Energias Renováveis em Portugal" Relatório Síntese*. Lisboa: ADENE | INETI.
- Alibaba. (2013). *Alibaba*. Obtido em 18 de Abril de 2013, de Guangzhou Sprsun New Energy Technology Development Co., Ltd.: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/high-quality-mini-water-chiller-gas-heat-pump-heater-581511667.html>
- ALMEIDA, C., MENDONÇA, J. L., JESUS, M. R., & GOMES, A. J. (2000). *Sistemas aquíferos de Portugal Continental - Sistema aquífero: aluviões do tejo*. Lisboa: Instituto da água.
- ALMEIDA, C., MENDONÇA, J. L., JESUS, M., & GOMES, A. J. (2000). *Sistema Aquíferos de Portugal Continental - Orla Ocidental*. Lisboa: Instituto da água.
- ALMEIDA, F. M. (1982). *Novos dados Termodinâmicos sobre águas de Chaves e de S. Pedro do Sul*. Lisboa: Comun. Serv. Geológicos de Portugal.
- ANDRADE, C. F. (1952). *Algumas Observações sobre a Captação das Águas Termais de Chaves*. Lisboa: Imprensa Médica.
- BERTANI, R. (2013). *Geothermal Energy Use, Country Update for Italy*. European Geothermal Congress 2013, Pisa, Itália.
- CARVALHO, J. (2005). *Estudo de viabilidade para a identificação da configuração final de um empreendimento geotérmico em Chaves*. Chaves: Câmara Municipal de Chaves.
- CARVALHO, J. (2012). *Apontamentos Teóricos - Geotermia*. Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- CARVALHO, J. M. (1995). Recursos geotérmicos de Portugal continental: da utopia à realidade. In: *Memórias Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico, Univ. Porto, 4*.



- CARVALHO, J. M. (1996). Mineral water exploration and exploitation at the Portuguese Hercynian Massif. *Environmental Geology*, 27.
- CARVALHO, J. M. (2006). *Prospecção e pesquisa de recursos hídricos subterrâneos no Maciço Antigo Português: linhas metodológicas*. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- CARVALHO, J. M. (2011). Apontamentos Teóricos de Energias Renováveis II. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- CARVALHO, J. M., & SILVA, L. F. (1988). *Recursos e Metodologias de Desenvolvimento dos Pólos Geotérmicos de Trás-Os-Montes*. Vila Real: Anais da UTAD.
- CARVALHO, J. M., COELHO, L., NUNES, J. C., & CARVALHO, D. M. (2013). Geothermal Energy Use, Country Update for Portugal. *European Geothermal Congress 2013*. Pisa.
- CARVALHO, J. M., SILVA, J. M., PONTE, C. A., & CABEÇAS, R. M. (2005). Portugal Geothermal Country Update 2005. *Proceedings World geothermal Congress 2005*. Turkey.
- CHAMINÉ, H. I. (2008). Apontamentos da disciplina de Geologia. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- CORREIA, A., & RAMALHO, E. C. (2010). Update Heat Flow Density Map for Portugal. *Proceedings World Geothermal Congress*. Bali, Indonesia.
- CORREIA, A., & JONES, F. W. (1997). *On the existence of a geothermal anomaly in southern Portugal*. Tectonophysics. ELSEVIER.
- CORREIA, A., & RAMALHO, E. (1998). *New heat flow density data from southern Portugal: a geothermal anomaly revisited*. Tectonophysics 291. Évora: ELSEVIER.
- Decreto de Lei n.º 90/90 de 16 de Março. (1990).
- Decreto Legislativo Regional n.º 21/2012/A. (2012). *Diário da República*, 1.ª série — N.º 90 — 9 de maio de 2012. Portugal.
- Decreto-Lei n.º 142/2004. (11 de Junho de 2004). Decreto-Lei n.º 142/2004. *Ministério da Saúde*, 3632 a 3640. Portugal.
- Decreto-Lei nº 46/94. (1994). Decreto-Lei nº 46/94 de 22 de Fevereiro de 1994. *Ministério do Ambiente e Recursos Naturais*.
- Energia, P. (s.d.). *Portal Energia*. Obtido em 22 de Março de 2013, de <http://www.portal-energia.com/como-funcionam-as-bombas-calor-geotermico/>
- Estudo de viabilidade. (2 de Janeiro de 2012). Obtido em 6 de Agosto de 2013, de Portal dos incentivos: <http://www.portaldosincentivos.pt/criacao-de-empresas/estudo-de-viabilidade>
- FERREIRA, J. P., OLIVEIRA, M., & CIABATTI, P. (1995). *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal* (Vol. I). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

- FERREIRA, M., CARVALHO, J. M., & MENDONÇA, J. L. (1982). Águas termo-minerais de Chaves (Trás-os-Montes, NE Portugal). *III Semana de Hidrogeologia, "Abstracts"*. Lisboa.
- GEA. (Junho de 2013). *Geothermal Energy Association*. Obtido em 13 de Setembro de 2013, de <http://www.geo-energy.org/currentUse.aspx>
- Generation, E. (17 de Fevereiro de 2013). *Geothermal Energy*. Obtido em 26 de Junho de 2013, de Internacional Geothermal Association: [http://www.geothermal-energy.org/geothermal\\_energy/what\\_is\\_geothermal\\_energy.html#c325](http://www.geothermal-energy.org/geothermal_energy/what_is_geothermal_energy.html#c325)
- Geotérmica, E. (29 de Abril de 2009). *Energia Geotérmica*. Obtido em 02 de 09 de 2013, de Energias renováveis: <http://energiasrenov.blogspot.pt/>
- Geothermal Energy Association. (Fevereiro de 2013). *2013 Annual US Geothermal Power - Production and Development Report*. Obtido em 13 de Setembro de 2013, de [http://geo-energy.org/pdf/reports/2013AnnualUSGeothermalPowerProductionandDevelopmentReport\\_Final.pdf](http://geo-energy.org/pdf/reports/2013AnnualUSGeothermalPowerProductionandDevelopmentReport_Final.pdf)
- Geothermie. (2000). *Geothermie*. Obtido de Perspectives de l'ADEME et du BRGM.
- GOMES, L. (1999). *Aproveitamento Geotérmico em Cascata em São Pedro do Sul*. Beira Interior.
- Grausolar. (2011). *Grausolar*. Obtido em 18 de Abril de 2013, de Energias Renováveis e Aquecimento Central: <http://www.grausolar.com/geoterm.php>
- Laboratório Nacional de Energia e Geologia. (2010). *Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P.* Obtido em 10 de Abril de 2013, de geoPortal do Ineg: <http://geoportal.ineg.pt/index.php>
- LÍNDAL, B. (1973). Industrial and other applications of geothermal energy. *Unesco, Geothermal Energy*, 146. France.
- LOURENÇO, C., & CRUZ, J. (2005). *Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental Continental*. Lisboa: XV Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Geológica e de Minas da Ordem dos Engenheiros.
- LOURENÇO, C., MELO, B., & ROSA, D. (2010). Geotermia em Portugal Continental. *Situação Actual e novas oportunidades*. Lisboa: Boletim de Minas, 45 (2).
- OLIVEIRA, A., ALBUQUERQUE, M. H., & GUERREIRO DE MATOS, M. (1982). *Bacia do Tâmega - Relatório Preliminar da Hidrologia da Veiga de Chaves e Região Limítrofe*. Lisboa: Relatório não publicado da DGHEA.
- PIRES, M., & COSTA, L. (2011). *Geotecnia Ambiental*. Projecto Final de Curso, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Geotécnia e Geoambiente, Porto.
- Portal da Água. (2010). *Qualidade da água*. Obtido em 5 de Julho de 2013, de Portal da água: <http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoUtilizador/AguaNatureza/QQA/Qualidade/Pages/default.aspx>

- ROCHA, R., RAMALHO, E., PARALTA, E., & AFONSO, A. A. (2003). *Métodos geofísicos aplicados à prospecção de água subterrânea em rochas cristalinas do Alentejo – vantagens e limitações*. Universidade Nova Lisboa, Lisboa.
- SNIRH. (s.d.). Obtido em 6 de Abril de 2013, de Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos: <http://snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=3&idSubtem=link4a>
- Terra Planeta Vivo*. (s.d.). Obtido em 02 de 09 de 2013, de Tectónica de Placas: [http://domingos.home.sapo.pt/tect\\_placas\\_7.html](http://domingos.home.sapo.pt/tect_placas_7.html)
- terra, F. d. (30 de Maio de 2008). *Farol da nossa terra*. Obtido em 2 de Maio de 2013, de Energia renovável inovadora com potencial em Oliveira do Hospital, Santa Comba Dão e Nelas: <http://www.faroldanossaterra.net/2008/05/30/energia-renovavel-inovadora-em-portugal-com-potencial-de-em-oliveira-do-hospital-santa-comba-e-nelas/>
- WHITE, D. (1957). Magmatic, connate and metamorphic waters. *68 (12)*, 1659-1682. Geol. Society of America.
- Works, H. G. (2013). *How Geothermal Energy Works*. Obtido em 27 de Junho de 2013, de how stuff works: <http://science.howstuffworks.com/environmental/energy/geothermal-energy1.htm>



## 8. Anexos

### 8.1. Anexo 1 – Planta das Termas de Chaves





## ARQUITECTURA

# Levantamento Topográfico

0  
DEZ 30-1  
23/1

e n g i t a m e g a



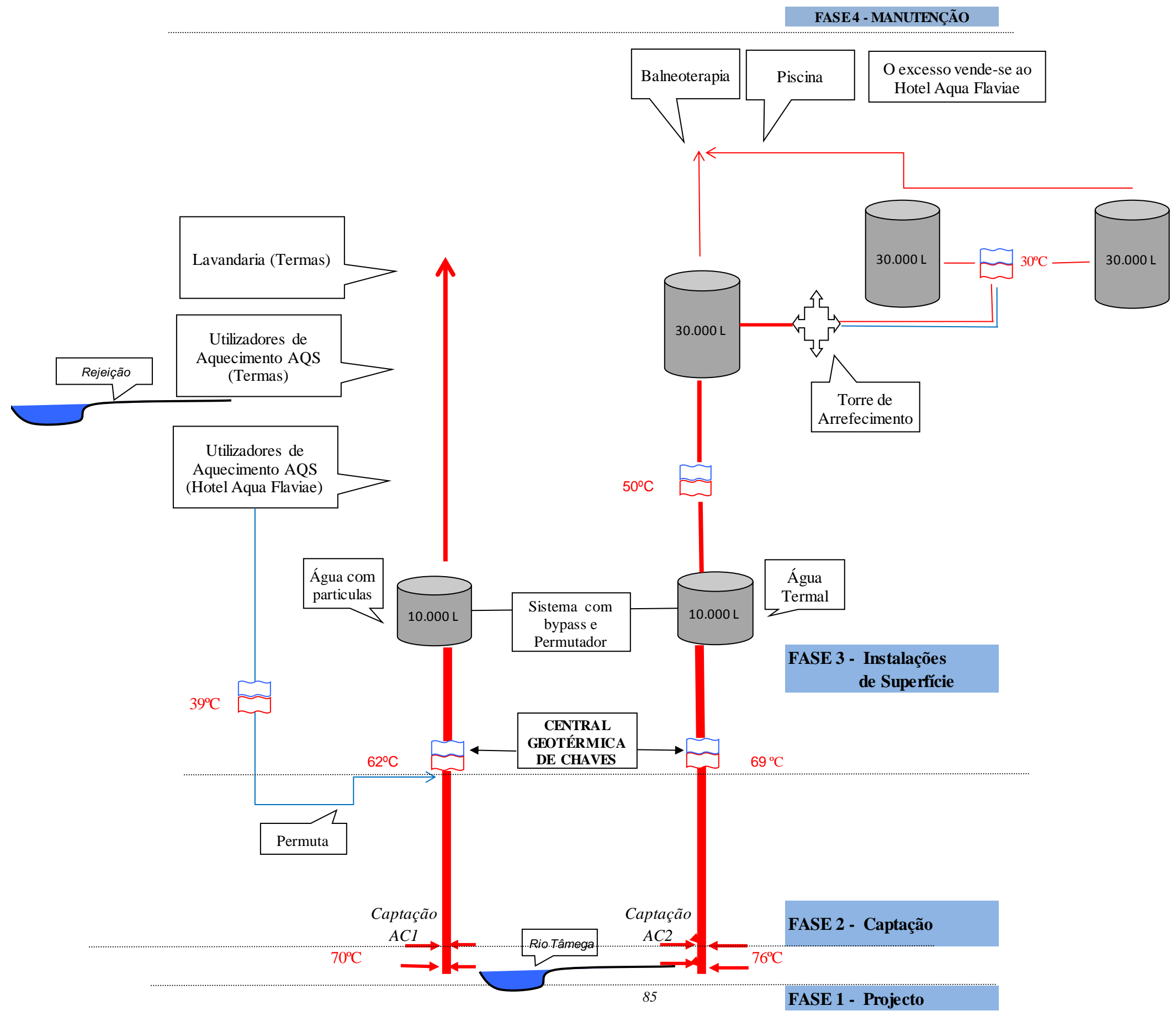


## **8.2. Anexo 2 – Esquema do sistema de aproveitamento do projeto de Chaves**



SISTEMA GEOTÉRMICO

CHAVES





### 8.3. Anexo 3 – Estudo de viabilidade económica

#### 8.3.1. Anexo 3.1 – Estudo de viabilidade económica (cenário A)

Na tabela 18 encontra a duração de cada etapa de investimento deste projecto.

Tabela 18 – Mapa da realização física do projeto – Cenário A

Descrição	Anos						
	1		2	3	4	5	6
	1ª.S	2º.S					
Projecto	↔						
Acompanhamento de Obra	↔↔↔↔↔↔						
Central Geotérmica / Permutadora (1)	↔↔↔↔						
Rede de Calor Geotérmico (2)		↔↔↔↔					
Instalações Permuta (3)		↔↔↔↔↔↔					
NFM		↔↔↔↔↔↔					

Na tabela 19 encontram-se os custos dos investimentos ao longo dos 6 anos.

Tabela 19 - Mapa do custo de investimento por data de pagamento – Cenário A

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projecto	27.900,00 €								27.900,00 €
Acompanhamento de Obra	10.000,00 €								10.000,00 €
Central Geotérmica / Permutadora (1)		84.000,00 €							84.000,00 €
Rede de Calor Geotérmico (2)			382.900,00 €						382.900,00 €
Instalações Permuta (3)			3.200,00 €						3.200,00 €
Outros gastos			5.000,00 €						5.000,00 €
Investimento em NFM			(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	
Investimento Total	37.900,00	84.000,00	391.100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	513.000,00 €

Tabela 20 – Mapa de amortização e valor contabilístico do imobilizado – Cenário A

Componentes	Taxas	Valor de Aquisição	Amortizações Anuais						Valor Residual (Contab.)
			1	2	3	4	5	6	
Projecto	33,33%	27.900,00 €	0,00	9.299,07	9.299,07	9.299,07	2,79	0,00	0,00
Acompanhamento de Obra	10,00%	10.000,00 €	0,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	5.000,00
Central Geotérmica / Permutadora (1)	12,50%	84.000,00 €	0,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	10.500,00	31.500,00
Rede de Calor Geotérmico (2)	12,50%	382.900,00 €	0,00	47.862,50	47.862,50	47.862,50	47.862,50	47.862,50	143.587,50
Instalações Permuta (3)	12,50%	3.200,00 €	0,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	1.200,00
Outros gastos	33,33%	5.000,00 €	0,00	1.666,50	1.666,50	1.666,50	0,50	0,00	0,00
									0,00
Amortização do Exercício			0,00	70.728,07	70.728,07	70.728,07	59.765,79	59.762,50	181.287,50
Valor Contabilístico		513.000,00	513.000,00	442.271,93	371.543,86	300.815,79	241.050,00		181.287,50

Sabendo que, o terreno não perde valor e que os equipamentos ainda se encontram dentro do prazo de vida útil, quando termina o projecto, é necessário proceder à estimativa do valor de mercado do imobilizado, quando o projecto terminar. De acordo com as estimativas os valores residuais serão aqueles que podemos ver na tabela 21.

Tabela 21 – Mapa do valor residual líquido do ativo imobilizado – Cenário A

Componentes	Valor Residual Contabilístico	Valor Residual de Mercado Bruto	Mais ou Menos Valia Bruta	Imposto sobre Mais Valias	Valor Residual Líquido	Taxa de IRC 25%
Projecto	0,00	0,00	0,00			
Acompanhamento de Obra	5.000,00	4.250,00	-750,00			
Central Geotérmica / Permutadora (1)	31.500,00	26.775,00	-4.725,00			
Rede de Calor Geotérmico (2)	143.587,50	122.049,38	-21.538,13			
Instalações Permuta (3)	1.200,00	1.020,00	-180,00			
Outros gastos	0,00	0,00	0,00			
<b>Soma</b>	<b>181.287,50</b>	<b>154.094,38</b>	<b>-27.193,13</b>	<b>-6.798,28</b>	<b>160.892,66</b>	<b>(*)</b>

Na tabela 22 encontram-se os dados para o cálculo do reembolso de empréstimo.

Tabela 22 – Mapa de reembolso do empréstimo – Cenário A

ANOS	SEMES	CAP.DIV.	PRESTAÇÕES			CAP.	CAP. DIV.	TAXA DE	PRAZO	PREST.	JURO	AMORTIZ.
INVEST.	EMPRÉS.	INICIO	JUROS	AM. CAP.	TOTAL	AMORT.	FIM	JURO	CARENC.	C+J	ANUAL	ANUAL
1								3%	2	8		
							307800,0				<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
2	1	307800,0	9234,0	0,000	9234,0	0	307800,0				<b>18468,00</b>	<b>0,00</b>
	2	307800,0	9234,0	0,000	9234,0	0	307800,0					
3	3	307800,0	9234,0	34.614,076	43848,076	34614,1	273185,9					
	4	273185,9	8195,6	35.652,499	43848,076	70266,6	237533,4				<b>17429,58</b>	<b>70266,58</b>
4	5	237533,4	7126,0	36.722,074	43848,076	106988,6	200811,4					
	6	200811,4	6024,3	37.823,736	43848,076	144812,4	162987,6				<b>13150,34</b>	<b>74545,81</b>
5	7	162987,6	4889,6	38.958,448	43848,076	183770,8	124029,2					
	8	124029,2	3720,9	40.127,201	43848,076	223898,0	83902,0				<b>8610,50</b>	<b>79085,65</b>
6	9	83902,0	2517,1	41.331,018	43848,076	265229,1	42570,9					
	10	42570,9	1277,1	42.570,948	43848,076	307800,0	0,0				<b>3794,19</b>	<b>83901,97</b>
			<b>61452,6</b>	<b>307800,0</b>	<b>369252,6</b>							
					0,0						<b>61452,61</b>	<b>307800,00</b>

As necessidades de fundo de maneo (NFM) são determinadas pelas condições de exploração vigentes no sector de actividade industrial, conforme a seguir devidamente especificadas na tabela 23.

Tabela 23 – Cálculo do investimento em necessidade de fundo de maneo – Cenário A

Nº.	Descrição	Critério	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Vendas (V) (conforme pressupostos)					403.630	403.630	403.630	403.630	403.630
2	Crédito a Clientes (C)	2,5 M de V				84.090	84.090	84.090	84.090	84.090
3	Existência final de Produtos(PA)	0,5 M de Vx0,80				13.454	13.454	13.454	13.454	13.454
4	Variação da Produção					13.454	0	0	0	0
5	Produção (P = 1+4)					<b>417.084</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>
6	Custo das Matérias Consumidas(CMC)	35% Valor Prod.				145.980	141.271	141.271	141.271	141.271
7	Existência final de Matérias(MP)	1,5 M de CMC				18.247	17.659	17.659	17.659	17.659
8	Existência Inicial de Matérias(MP)						18.247	17.659	17.659	17.659
9	Compras de MP(CMP = 6+7-8)					164.227	140.682	141.271	141.271	141.271
10	Crédito de Fornecedores(F)	1,5 M de CMP				20.528	17.585	17.659	17.659	17.659
	Síntese:									
A	Necessidades Cíclicas									
	a-Clientes					84.090	84.090	84.090	84.090	84.090
	b-Existência final de Produtos					13.454	13.454	13.454	13.454	13.454
	c-Existência final de Matérias					18.247	17.659	17.659	17.659	17.659
	Total Necessidades Cíclicas					115.791	115.203	115.203	115.203	115.203
B	Recursos Cíclicos									
	d-Fornecedores					20.528	17.585	17.659	17.659	17.659
	Total de Recursos Cíclicos					20.528	17.585	17.659	17.659	17.659
C	Necessidades de Fundo de Maneio					95.263	97.617	97.544	97.544	97.544
D	Investimento em NFM(=ANFM)				95.263	2.355	-74	0	0	-97.544

A poupança fiscal é potencial, porquanto só será efetiva se o projeto gerar lucros suficientes para absorver essa poupança, de contrário, a mesma não será efetiva. Na tabela 24 está representado o mapa de serviço previsional da dívida.

Tabela 24 – Mapa do serviço previsional da dívida – Cenário A

N.º	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Empréstimo	0,0	0,0	307.800,0					
2	Reembolso					70.266,6	74.545,8	79.085,6	83.902,0
3	Capital em dívida no final do ano	0,0	0,0	307.800,0	307.800,0	237.533,4	162.987,6	83.902,0	0,0
4	Encargos financeiros de financiamento(EFF),	0%	0,0	0,0	18.468,0	17.429,6	13.150,3	8.610,5	3.794,2
5	Serviço da dívida				18.468,0	87.696,2	87.696,2	87.696,2	87.696,2
6	Poupança Fiscal Potencial Taxa de IRC	25%			4617,0	4357,4	3287,6	2152,6	948,5

Tabela 25 – Mapa resumo do investimento total e composição do mesmo – Cenário A

N.º	DESCRIÇÃO						
1	INVEST. CAP. FIXO	513.000,00					DECOMPOSIÇÃO DO CAPITAL PRÓPRIO:
2	INVEST.NEC. FUNDO DE MANEIO	97.543,92					CAPITAL SOCIAL
3	INVEST. TOTAL	610.543,92					SUPRIMENTOS DOS SÓCIOS
4	FINANCIAMENTO DO INVESTIMENTO						302.743,92
5	CAPITAL PRÓPRIO	302.743,92	49,59%				
6	EMPRÉSTIMOS BANCÁRIOS	307.800,00	50,41%				
		610.543,92	100,00%				

Assume-se que o investimento em Fundo de Maneio é o valor máximo das Necessidades de Fundo de Maneio requeridas pelo investimento (ano 6). O Capital Próprio foi decomposto em duas parcelas, Capital Social e Suprimentos dos Sócios, para facilidade de

identificação. Mas poderia ser integralmente Capital Social ou mesmo assumir outra partição.

Com a informação previsional intermédia que foi sendo calculada, foi elaborado o mapa de a demonstração de resultados previsionais, também designado por conta de exploração previsional. (Tabela 26).

Tabela 26 – Demonstração dos resultados previsionais – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				403.630	403.630	403.630	403.630	403.630
2	Varição da Produção				13.454	0	0	0	0
3	<b>Total de Rendimentos</b>				<b>417.084</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				145.980	141.271	141.271	141.271	141.271
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				60.545	60.545	60.545	60.545	60.545
6	Gastos com o Pessoal				100.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				20.182	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				326.706	251.815	251.815	251.815	251.815
9	<b>RAIEFA (EBITDA)</b>				<b>90.379</b>	<b>151.815</b>	<b>151.815</b>	<b>151.815</b>	<b>151.815</b>
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				70.728	70.728	70.728	59.766	59.763
11	Encargos financeiros de financiamento				18.468	17.430	13.150	8.611	3.794
12	<b>Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)</b>				<b>1.183</b>	<b>63.657</b>	<b>67.937</b>	<b>83.439</b>	<b>88.258</b>
13	Matéria Colectável (1)				0	64.840	67.937	83.439	88.258
14	Imposto s/ Lucros (25% x13)				0	16.210	16.984	20.860	22.065
15	<b>Resultado Líquido Previsional (=11-13)</b>				<b>1.183</b>	<b>47.447</b>	<b>50.952</b>	<b>62.579</b>	<b>66.194</b>

Tabela 27 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								154.094,38
2	Valor contabilístico do imobilizado								181.287,50
3	Menos- Valia (1-2)								-27.193,12
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-6.798,28
5	<b>Valor residual do imobilizado(=1+4)</b>								<b>160.892,66</b>
6	Necessidades de fundo de maneo								97.544
7	Imparidades acumulados								20.182
8	<b>Valor residual do activo circulante a recup.</b>								<b>77.362,42</b>

As diferentes rubricas estimadas até ao presente, permitem avançar para o cálculo dos fluxos financeiros agregados, de exploração e de investimento, que constituem como que uma síntese dos valores apurados nas etapas precedentes, para a elaboração do mapa financeiro.



Tabela 28 – Fluxos Financeiros (Cash-Flow Global) – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				1.183	47.447	50.952	62.579	66.194
2	Amortizações do exercício				70.728	70.728	70.728	59.766	59.763
3	Ajustamentos do exercício				20.182	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				18.468	17.430	13.150	8.611	3.794
5	Cash - Flow de Exploração				<b>110.560</b>	<b>135.605</b>	<b>134.831</b>	<b>130.955</b>	<b>129.750</b>
6	Investimento em Imobilizado	-37.900	-84.000	-391.100					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-95.263	-2.355	74	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								160.893
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								77.362
10	Cash - Flow do Investimento	<b>-37.900</b>	<b>-84.000</b>	<b>-486.363</b>	<b>-2.355</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>238.255</b>
11	Cash - Flow Global	<b>-37.900</b>	<b>-84.000</b>	<b>-486.363</b>	<b>108.206</b>	<b>135.679</b>	<b>134.831</b>	<b>130.955</b>	<b>368.005</b>

Tabela 29 – Fluxos Financeiros ou Cash-Flow Global do Investidor – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow Global(CFG)	<b>-37.900</b>	<b>-84.000</b>	<b>-486.363</b>	<b>108.206</b>	<b>135.679</b>	<b>134.831</b>	<b>130.955</b>	<b>368.005</b>
2	Empréstimos obtidos		307.800						
3	Valores a pagar de juros e amortizações				-18.468	-87.696	-87.696	-87.696	-87.696
4	Cash - Flow Global do Investidor (CFGI)	<b>-37.900</b>	<b>223.800</b>	<b>-486.363</b>	<b>89.738</b>	<b>47.982</b>	<b>47.135</b>	<b>43.259</b>	<b>280.309</b>

Os diferentes valores estimados até ao presente, permitem avançar para o cálculo dos fluxos financeiros agregados, de exploração e de investimento- Estes constituem uma síntese dos valores apurados nas etapas precedentes, para a elaboração do mapa financeiro. As demonstrações dos fluxos de caixa previsionais são fundamentais para acompanhar e controlar os movimentos de tesouraria, como podemos ver na tabela 30.

Tabela 30 – Demonstração dos resultados previsionais (sem encargos financeiros) – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				403.630	403.630	403.630	403.630	403.630
2	Variação da Produção				13.454	0	0	0	0
3	Total de Rendimentos				<b>417.084</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>	<b>403.630</b>
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				145.980	141.271	141.271	141.271	141.271
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				60.545	60.545	60.545	60.545	60.545
6	Gastos com o Pessoal				100.000	50.000	50.000	50.000	50.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				20.182	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				326.706	251.815	251.815	251.815	251.815
9	RAIEFA (EBITDA)				90.379	151.815	151.815	151.815	151.815
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				70.728	70.728	70.728	59.766	59.763
11	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
12	Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)				19.651	81.087	81.087	92.049	92.053
13	Matéria Colectável (1)				0	100.738	81.087	92.049	92.053
14	Imposto s/ Lucros (25%xl3)				0	25.184	20.272	23.012	23.013
15	Resultado Líquido Previsional (=11-13)				<b>19.651</b>	<b>55.903</b>	<b>60.815</b>	<b>69.037</b>	<b>69.039</b>

Tabela 31 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								154.094,38
2	Valor contabilístico do imobilizado								181.287,50
3	Menos- Valia (1-2)								-27.193,12
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-6.798,28
5	Valor residual do imobilizado(=1+4)								<b>160.892,66</b>
6	Necessidades de fundo de maneo								97.544
7	Imparidades acumulados								20.182
8	Valor residual do activo circulante a recup.								<b>77.362,42</b>

Tabela 32 – Fluxos Financeiros (Free Cash-Flow) – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				19.651	55.903	60.815	69.037	69.039
2	Amortizações do exercício				70.728	70.728	70.728	59.766	59.763
3	Ajustamentos do exercício				20.182	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
5	Cash - Flow de Exploração				<b>110.560</b>	<b>126.631</b>	<b>131.543</b>	<b>128.803</b>	<b>128.802</b>
6	Investimento em Imobilizado	-37.900	-84.000	-391.100					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-95.263	-2.355	74	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								160.893
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								77.362
10	Cash - Flow do Investimento	<b>-37.900</b>	<b>-84.000</b>	<b>-486.363</b>	<b>-2.355</b>	<b>74</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>238.255</b>
11	Cash - Flow Global	<b>-37.900</b>	<b>-84.000</b>	<b>-486.363</b>	<b>108.206</b>	<b>126.704</b>	<b>131.543</b>	<b>128.803</b>	<b>367.057</b>

Tabela 33 – Demonstração dos fluxos de caixa previsional – Cenário A

Nº.	Descrição	Anos					
		1	2	3	4	5	6
I	Recebimentos de:						
1	Capital Social	200.000,00					
2	Empréstimos Bancários	307.800,00					
3	Suprimentos dos Sócios	102.743,92					
4	Clientes	0,00	319.540,42	403.630,00	403.630,00	403.630,00	403.630,00
5	Total de Recebimentos	<b>610.543,92</b>	<b>319.540,42</b>	<b>403.630,00</b>	<b>403.630,00</b>	<b>403.630,00</b>	<b>403.630,00</b>
II	Pagamentos a:						
6	Investimentos em Imobilizado	513.000,00					
7	Fornecedores	0,00	143.698,59	143.625,01	141.196,92	141.270,50	141.270,50
8	Custos com o Pessoal	0,00	100.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
9	Fornecedores de materiais e serviços	0,00	60.544,50	60.544,50	60.544,50	60.544,50	60.544,50
10	Instituições financeiras	0,00	18.468,00	87.696,15	87.696,15	87.696,15	87.696,15
11	Reembolso de Suprimentos aos sócios						102.743,92
12	Impostos	0,00	0,00	0,00	16.210,02	16.984,15	20.859,68
13	Total de Pagamentos	<b>513.000,00</b>	<b>322.711,09</b>	<b>341.865,66</b>	<b>355.647,60</b>	<b>356.495,30</b>	<b>463.114,75</b>
14	Variação das disponibilidades(=4-11)	97.543,92	-3.170,67	61.764,34	47.982,40	47.134,70	-59.484,75
15	Saldo de disponibilidades período t-1	0,00	97.543,92	94.373,25	156.137,59	204.119,99	251.254,69
16	Saldo de disponibilidades período t	97.543,92	94.373,25	156.137,59	204.119,99	251.254,69	191.769,94

O balanço previsional é um documento de fecho das contas previsionais. Este permite acompanhar a evolução do valor patrimonial da empresa ou do investimento ao longo do mesmo, assegurando ainda a coesão entre os diferentes mapas de informação. (ver tabela 34).

Tabela 34 - Balanço previsional - Cenário A

Activo	1	2	3	4	5	6
Activo não corrente	513.000,00	513.000,00	513.000,00	513.000,00	513.000,00	513.000,00
Depreciações Acumuladas	0,00	-70.728,07	-141.456,14	-212.184,21	-271.950,00	-331.712,50
Activo corrente						
Inventários						
Matérias-Primas	<b>0,00</b>	18.247,44	17.658,81	17.658,81	17.658,81	17.658,81
Produtos Acabados	0,00	13.454,33	13.454,33	13.454,33	13.454,33	13.454,33
Clientes	0,00	84.089,58	84.089,58	84.089,58	84.089,58	84.089,58
Imparidades de dívidas	0,00	-20.181,50	-20.181,50	-20.181,50	-20.181,50	-20.181,50
Caixa e Depósitos Bancários	97.543,92	94.373,25	156.137,59	204.119,99	251.254,69	191.769,94
<b>Total do Activo</b>	<b>610.543,92</b>	<b>632.255,03</b>	<b>622.702,67</b>	<b>599.957,01</b>	<b>587.325,92</b>	<b>468.078,67</b>
Capital Próprio e Passivo	1	2	3	4	5	6
Capital Social	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00	200.000,00
Suprimentos dos Sócios	102.743,92	102.743,92	102.743,92	102.743,92	102.743,92	0,00
Resultados Líquidos Acumulados	0,00	1.182,75	48.630,07	99.582,51	162.161,54	228.355,28
<b>Total Capital Próprio</b>	<b>302.743,92</b>	<b>303.926,66</b>	<b>351.373,99</b>	<b>402.326,43</b>	<b>464.905,46</b>	<b>428.355,28</b>
Passivo						
Empréstimos	307.800,00	307.800,00	237.533,42	162.987,62	83.901,97	0,00
Fornecedores	0,00	20.528,37	17.585,23	17.658,81	17.658,81	17.658,81
Estado	0,00	0,00	16.210,02	16.984,15	20.859,68	22.064,58
<b>Total do Passivo</b>	<b>307.800,00</b>	<b>328.328,37</b>	<b>271.328,68</b>	<b>197.630,57</b>	<b>122.420,45</b>	<b>39.723,39</b>
<b>Total do Capital Próprio e Passivo</b>	<b>610.543,92</b>	<b>632.255,03</b>	<b>622.702,67</b>	<b>599.957,01</b>	<b>587.325,92</b>	<b>468.078,67</b>

Tabela 35 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores – Cenário A

Nº.	Descrição	Taxa
1	Taxa de juro sem risco (Rf)	3,0%
2	Prémio de risco de mercado (Rm-Rf)	5,0%
3	Beta de referência para o projecto ( $\beta$ )	1,25
4	Taxa de rentabilidade exigida (custo de oportu.)	9,25%

Tabela 36 – Custo médio ponderado de capital (sem poupança fiscal) – Cenário A

Nº.	Descrição	Taxa	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%	70%	6,47%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	30%	1,83%
3	Custo médio ponderado do Capital			8,30%

Tabela 37 – Custo médio ponderado de capital (com poupança fiscal) – Cenário A

Nº.	Descrição	Taxa	IRC	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%		70%	6,47%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	25%	30%	1,37%
3	Custo médio ponderado do Capital				7,84%

Na avaliação do investimento em análise vamos utilizar as taxas de custo resultantes da ponderação da composição dos capitais ao longo da vida do investimento porque são mais elevadas e nos asseguram maior confiabilidade do projeto. Por via de regra, estas taxas obtidas pela ponderação da composição dos capitais ao longo da vida do investimento são superiores às obtidas com a aplicação da composição inicial, porque no decurso da execução do investimento o capital alheio vai sendo substituído por capital próprio e, o custo do capital alheio é sempre inferior ao do capital próprio (por razões de princípio de tomada de decisão de investimento).

Tabela 38 – Estimação da TIR Global – Cenário A

nº.	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		37.900,0	84.000,0	486.363,0	2.354,5	-73,6	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					110.560,3	135.605,0	134.830,9	130.955,3	129.750,4
3	Taxa de reinvestimento dos CFEs	6%								
4	CFEs Capitalizados					139.579,85	161.507,70	151.495,95	138.812,64	129.750,42
5	CFEs capitalizados acumulados									721.146,56
6	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,30%	37.900,00	80.716,96	449.088,07	2.007,44	-57,92	0,00	0,00	0,00
7	CI actualizados acumulados		569.654,54							
8	Base de cálculo da TIR global		569.654,54							721.146,56
9	TIR Global	<b>4,01%</b>								

Tabela 39 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário A

nº.	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		37.900,0	84.000,0	486.363,0	2.354,5	-73,6	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					110.560,3	135.605,0	134.830,9	130.955,3	129.750,4
3	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,30%	37.900,00	80.716,96	449.088,07	2.007,44	-57,92	0,00	0,00	0,00
4	CI actualizados acumulados		569.654,54							
5	CFE+ VR actualizados(à WACC)	8,30%				94.263,00	106.755,10	98.010,65	87.897,83	80.414,58
6	CFE+VR actualizados acumulados		467.341,16							
7	Índice de entabilidade(IR)	<b>0,820</b>								

Tabela 40 - Estimação do período de recuperação de capital - Cenário A

n.º	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		37.900,0	84.000,0	486.363,0	2.354,5	-73,6	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					110.560,3	135.605,0	134.830,9	130.955,3	129.750,4
3	Cash - Flows do Investimento(CI) atualizados(WACC)	8,30%	37.900,00	80.716,96	449.088,07	2.007,44	-57,92	0,00	0,00	0,00
4	CI atualizados acumulados		569.654,54							
5	CFE+ VR atualizados(à WACC)	8,30%				94.263,00	106.755,10	98.010,65	87.897,83	80.414,58
6	CFE+VR atualizados acumulados		467.341,16							
			-37.900,00	-118.616,96	-567.705,03	-475.449,46	-368.636,44	-270.625,79	-182.727,96	-102.313,38
7	Período de recuperação do Capital (PRC, anos)	7,27								
8	Idem (média)	7,31								

Pode-se concluir que há retorno do investimento ao fim de 7,3 anos.

### 8.3.2. Anexo 3.2 – Estudo de viabilidade económica (cenário B)

Tabela 41 – Mapa da realização física do empréstimo – Cenário B

Descrição	Anos						
	1		2	3	4	5	6
	1ª.S	2ª.S					
Projecto	↔						
Acompanhamento de Obra	↔	↔					
Central Geotérmica / Permutadora (1)	↔						
Rede de Calor Geotérmico (2)		↔					
Instalações Permuta (3)		↔					
NFM		↔					

Tabela 42 – Mapa do custo do investimento em euros, por datas de pagamento – Cenário B

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projecto	20.000,00 €								20.000,00 €
Acompanhamento de Obra	5.000,00 €								5.000,00 €
Sistema de Bombagem		47.000,00 €							47.000,00 €
Abertura/tapamento de valas e tubagens			50.000,00 €						50.000,00 €
Instalações Permuta			5.000,00 €						5.000,00 €
Outros gastos			3.000,00 €						3.000,00 €
Investimento em NFM			(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	
Investimento Total	25.000,00	47.000,00	58.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	130.000,00

Tabela 43 – Mapa de amortização do valor contabilístico imobilizado – Cenário B

Componentes	Taxas	Valor de Aquisição	Amortizações Anuais						Valor Residual (Contab.)
			1	2	3	4	5	6	
Projecto	33,33%	20.000,00 €	0,00	6.666,00	6.666,00	6.666,00	2,00	0,00	0,00
Acompanhamento de Obra	10,00%	5.000,00 €	0,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	2.500,00
Central Geotérmica / Permutadora	12,50%	47.000,00 €	0,00	5.875,00	5.875,00	5.875,00	5.875,00	5.875,00	17.625,00
Rede de Calor Geotérmico (2)	12,50%	50.000,00 €	0,00	6.250,00	6.250,00	6.250,00	6.250,00	6.250,00	18.750,00
Instalações Permuta (3)	12,50%	5.000,00 €	0,00	625,00	625,00	625,00	625,00	625,00	1.875,00
Outros gastos	33,33%	3.000,00 €	0,00	999,90	999,90	999,90	0,30	0,00	0,00
									0,00
Amortização do Exercício			0,00	20.915,90	20.915,90	20.915,90	13.252,30	13.250,00	40.750,00
Valor Contabilístico		130.000,00	130.000,00	109.084,10	88.168,20	67.252,30	54.000,00		40.750,00

Tabela 44 – Mapa do valor residual líquido do ativo imobilizado – Cenário B

Componentes	Valor Residual Contabilístico	Valor Residual de Mercado Bruto	Mais ou Menos Valia	Imposto sobre Mais	Valor Residual Líquido	Taxa de IRC 25%
Projecto	0,00	0,00	0,00			
Acompanhamento de Obra	2.500,00	2.125,00	-375,00			
Central Geotérmica / Permutadora	17.625,00	14.981,25	-2.643,75			
Rede de Calor Geotérmico (2)	18.750,00	15.937,50	-2.812,50			
Instalações Permuta (3)	1.875,00	1.593,75	-281,25			
Outros gastos	0,00	0,00	0,00			
Soma	40.750,00	34.637,50	-6.112,50	-1.528,13	36.165,63	(*)

Tabela 45 – Mapa do reembolso do empréstimo – Cenário B

ANOS	SEMES	CAP.DIV	PRESTAÇÕES			CAP.	CAP. DIV	TAXA D	PRAZO	PREST.	JURO	AMORTIZ.
INVEST.	EMPRÉS.	INICIO	JUROS	AM. CAP.	TOTAL	AMORT.	FIM	JURO	CARENC.	C+J	ANUAL	ANUAL
1							78000,0	3%	2	8	0,00	0,00
2	1	78000,0	2340,0	0,000	2340,0	0	78000,0				4680,00	0,00
	2	78000,0	2340,0	0,000	2340,0	0	78000,0					
3	3	78000,0	2340,0	8.771,598	11111,598	8771,6	69228,4				4416,85	17806,34
	4	69228,4	2076,9	9.034,746	11111,598	17806,3	60193,7					
4	5	60193,7	1805,8	9.305,789	11111,598	27112,1	50887,9				3332,45	18890,75
	6	50887,9	1526,6	9.584,962	11111,598	36697,1	41302,9					
5	7	41302,9	1239,1	9.872,511	11111,598	46569,6	31430,4				2182,00	20041,20
	8	31430,4	942,9	10.168,687	11111,598	56738,3	21261,7					
6	9	21261,7	637,9	10.473,747	11111,598	67212,0	10788,0				961,49	21261,71
	10	10788,0	323,6	10.787,960	11111,598	78000,0	0,0					
			15572,8	78000,0	93572,8						15573	78000,00
					0,0							

Tabela 46 – Cálculo do investimento em necessidade de fundo de maneo – Cenário B

Nº.	Descrição	Critério	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Vendas (V) (conforme pressupostos)					237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Crédito a Clientes (C)	2,5 M de V				49.500	49.500	49.500	49.500	49.500
3	Existência final de Produtos(PA)	0,5 M de Vx0,80				7.920	7.920	7.920	7.920	7.920
4	Varição da Produção					7.920	0	0	0	0
5	Produção (P = 1+4)					<b>245.520</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>
6	Custo das Matérias Consumidas(CMC)	35% Valor Prod.				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
7	Existência final de Matérias(MP)	1,5 M de CMC				10.742	10.395	10.395	10.395	10.395
8	Existência Inicial de Matérias(MP)						10.742	10.395	10.395	10.395
9	Compras de MP(CMP = 6+7-8)					96.674	82.814	83.160	83.160	83.160
10	Crédito de Fornecedores(F)	1,5 M de CMP				12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
	Síntese:									
A	Necessidades Cíclicas									
	a-Clientes					49.500	49.500	49.500	49.500	49.500
	b-Existência final de Produtos					7.920	7.920	7.920	7.920	7.920
	c-Existência final de Matérias					10.742	10.395	10.395	10.395	10.395
	Total Necessidades Cíclicas					68.162	67.815	67.815	67.815	67.815
B	Recursos Cíclicos									
	d-Fornecedores					12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
	Total de Recursos Cíclicos					12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
C	Necessidades de Fundo de Maneio					56.077	57.463	57.420	57.420	57.420
D	Investimento em NFM(=ANFM)				<b>56.077</b>	<b>1.386</b>	<b>-43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-57.420</b>

Tabela 47 – Mapa do serviço previsional da dívida – Cenário B

N.º	Descrição		Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Empréstimo		0,0	0,0	78.000,0					
2	Reembolso						17.806,3	18.890,8	20.041,2	21.261,7
3	Capital em dívida no final do ano		0,0	0,0	78.000,0	78.000,0	60.193,7	41.302,9	21.261,7	0,0
4	Encargos financeiros de financiamento(EFF),		0%	0,0	0,0	4.680,0	4.416,9	3.332,4	2.182,0	961,5
5	Serviço da dívida					4.680,0	22.223,2	22.223,2	22.223,2	22.223,2
6	Poupança Fiscal Potencial	Taxa de IRC	25%			1170,0	1104,2	833,1	545,5	240,4

Tabela 48 - Mapa do resumo do investimento e a composição do mesmo – Cenário B

N.º	DESCRIÇÃO									
1	INVEST. CAP. FIXO	130.000,00								
2	INVEST.NEC. FUNDO DE MANEIO	57.420,00								
3	INVEST. TOTAL	<b>187.420,00</b>								
4	FINANCIAMENTO DO INVESTIMENTO						<b>109.420,00</b>			
5	CAPITAL PROPRIO	109.420,00	58,38%							
6	EMPRÉSTIMOS BANCÁRIOS	78.000,00	41,62%							
		<b>187.420,00</b>	100,00%							



Tabela 49 – Demonstração dos resultados previsionais – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Variação da Produção				7.920	0	0	0	0
3	Total de Rendimentos				<b>245.520</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				35.640	35.640	35.640	35.640	35.640
6	Gastos com o Pessoal				24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				11.880	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				157.452	142.800	142.800	142.800	142.800
9	RAIEFA (EBITDA)				88.068	94.800	94.800	94.800	94.800
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				20.916	20.916	20.916	13.252	13.250
11	Encargos financeiros de financiamento				4.680	4.417	3.332	2.182	961
12	Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)				62.472	69.467	70.552	79.366	80.589
13	Matéria Colectável (1)				0	131.939	70.552	79.366	80.589
14	Imposto s/ Lucros (25% x13)				0	32.985	17.638	19.841	20.147
15	Resultado Líquido Previsional (=11-13)				<b>62.472</b>	<b>36.482</b>	<b>52.914</b>	<b>59.524</b>	<b>60.441</b>

Tabela 50 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								34.637,50
2	Valor contabilístico do imobilizado								40.749,80
3	Menos- Valia (1-2)								-6.112,30
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-1.528,13
5	Valor residual do imobilizado(=1+4)								<b>36.165,63</b>
6	Necessidades de fundo de maneio								57.420
7	Imparidades acumulados								11.880
8	Valor residual do activo circulante a recup.								<b>45.540,00</b>

Tabela 51 – Fluxos financeiros (Cash-flow global) – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				62.472	36.482	52.914	59.524	60.441
2	Amortizações do exercício				20.916	20.916	20.916	13.252	13.250
3	Ajustamentos do exercício				11.880	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				4.680	4.417	3.332	2.182	961
5	Cash - Flow de Exploração				<b>99.948</b>	<b>61.815</b>	<b>77.162</b>	<b>74.959</b>	<b>74.653</b>
6	Investimento em Imobilizado	-25.000	-47.000	-58.000					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-56.077	-1.386	43	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								36.166
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								45.540
10	Cash - Flow do Investimento	<b>-25.000</b>	<b>-47.000</b>	<b>-114.077</b>	<b>-1.386</b>	<b>43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>81.706</b>
11	Cash - Flow Global	<b>-25.000</b>	<b>-47.000</b>	<b>-114.077</b>	<b>98.562</b>	<b>61.858</b>	<b>77.162</b>	<b>74.959</b>	<b>156.358</b>

Tabela 52 – Fluxos financeiros (Cash-flow do investidor) – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow Global(CFG)	-25.000	-47.000	-114.077	98.562	61.858	77.162	74.959	156.358
2	Empréstimos obtidos		78.000						
3	Valores a pagar de juros e amortizações				-4.680	-22.223	-22.223	-22.223	-22.223
4	Cash - Flow Global do Investidor (CFGI)	-25.000	31.000	-114.077	93.882	39.635	54.939	52.735	134.135

Tabela 53 – Demonstração dos resultados previsionais, sem encargos financeiros – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Variação da Produção				7.920	0	0	0	0
3	Total de Rendimentos				245.520	237.600	237.600	237.600	237.600
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				35.640	35.640	35.640	35.640	35.640
6	Gastos com o Pessoal				24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				11.880	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				157.452	142.800	142.800	142.800	142.800
9	RAIEFA (EBITDA)				88.068	94.800	94.800	94.800	94.800
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				20.916	20.916	20.916	13.252	13.250
11	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
12	Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)				67.152	73.884	73.884	81.548	81.550
13	Matéria Colectável (I)				0	141.036	73.884	81.548	81.550
14	Imposto s/ Lucros (25% x13)				0	35.259	18.471	20.387	20.388
15	Resultado Líquido Previsional (=11-13)				67.152	38.625	55.413	61.161	61.163

Tabela 54 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								34.637,50
2	Valor contabilístico do imobilizado								40.749,80
3	Menos- Valia (1-2)								-6.112,30
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-1.528,13
5	Valor residual do imobilizado(=1+4)								36.165,63
6	Necessidades de fundo de maneo								57.420
7	Imparidades acumulados								11.880
8	Valor residual do activo circulante a recup.								45.540,00

Tabela 55 - Fluxos financeiros (Free-cash flow) - Cenário B

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				67.152	38.625	55.413	61.161	61.163
2	Amortizações do exercício				20.916	20.916	20.916	13.252	13.250
3	Ajustamentos do exercício				11.880	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
5	Cash - Flow de Exploração				99.948	59.541	76.329	74.413	74.413
6	Investimento em Imobilizado	-25.000	-47.000	-58.000					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-56.077	-1.386	43	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								36.166
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								45.540
10	Cash - Flow do Investimento	-25.000	-47.000	-114.077	-1.386	43	0	0	81.706
11	Cash - Flow Global	-25.000	-47.000	-114.077	98.562	59.584	76.329	74.413	156.118

Tabela 56 – Demonstração dos fluxos de caixa previsionais – Cenário B

Nº.	Descrição	Anos					
		1	2	3	4	5	6
I	Recebimentos de:						
1	Capital Social	50.000,00					
2	Empréstimos Bancários	78.000,00					
3	Suprimentos dos Sócios	59.420,00					
4	Clientes	0,00	188.100,00	237.600,00	237.600,00	237.600,00	237.600,00
5	Total de Recebimentos	<b>187.420,00</b>	<b>188.100,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>
II	Pagamentos a:						
6	Investimentos em Imobilizado	130.000,00					
7	Fornecedores	0,00	84.589,31	84.546,00	83.116,69	83.160,00	83.160,00
8	Custos com o Pessoal	0,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00
9	Fornecedores de materiais e serviços	0,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00
10	Instituições financeiras	0,00	4.680,00	22.223,20	22.223,20	22.223,20	22.223,20
11	Reembolso de Suprimentos aos sócios						59.420,00
12	Impostos	0,00	0,00	0,00	32.984,84	17.637,91	19.841,43
13	Total de Pagamentos	<b>130.000,00</b>	<b>148.909,31</b>	<b>166.409,20</b>	<b>197.964,72</b>	<b>182.661,11</b>	<b>244.284,62</b>
14	Variação das disponibilidades(=4-11)	57.420,00	39.190,69	71.190,80	39.635,28	54.938,89	-6.684,62
15	Saldo de disponibilidades período t-1	0,00	57.420,00	96.610,69	167.801,49	207.436,77	262.375,66
16	Saldo de disponibilidades período t	57.420,00	96.610,69	167.801,49	207.436,77	262.375,66	255.691,04

Tabela 57 - Balanço previsional - Cenário B

Activo	1	2	3	4	5	6
Activo não corrente	130.000,00	130.000,00	130.000,00	130.000,00	130.000,00	130.000,00
Depreciações Acumuladas	0,00	-20.915,90	-41.831,80	-62.747,70	-76.000,00	-89.250,00
Activo corrente						
Inventários						
Matérias-Primas	<b>0,00</b>	10.741,50	10.395,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00
Produtos Acabados	0,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00
Clientes	0,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00
Imparidades de dívidas	0,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00
Caixa e Depósitos Bancários	57.420,00	96.610,69	167.801,49	207.436,77	262.375,66	255.691,04
<b>Total do Activo</b>	<b>187.420,00</b>	<b>261.976,29</b>	<b>311.904,69</b>	<b>330.624,07</b>	<b>372.310,66</b>	<b>352.376,04</b>
Capital Próprio e Passivo	1	2	3	4	5	6
Capital Social	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Suprimentos dos Sócios	59.420,00	59.420,00	59.420,00	59.420,00	59.420,00	0,00
Resultados Líquidos Acumulados	0,00	62.472,10	98.954,51	151.868,25	211.392,53	271.833,91
<b>Total Capital Próprio</b>	<b>109.420,00</b>	<b>171.892,10</b>	<b>208.374,51</b>	<b>261.288,25</b>	<b>320.812,53</b>	<b>321.833,91</b>
Passivo						
Empréstimos	78.000,00	78.000,00	60.193,66	41.302,90	21.261,71	0,00
Fornecedores	0,00	12.084,19	10.351,69	10.395,00	10.395,00	10.395,00
Estado	0,00	0,00	32.984,84	17.637,91	19.841,43	20.147,13
<b>Total do Passivo</b>	<b>78.000,00</b>	<b>90.084,19</b>	<b>103.530,18</b>	<b>69.335,82</b>	<b>51.498,13</b>	<b>30.542,13</b>
<b>Total do Capital Próprio e Passivo</b>	<b>187.420,00</b>	<b>261.976,29</b>	<b>311.904,69</b>	<b>330.624,07</b>	<b>372.310,66</b>	<b>352.376,04</b>

Tabela 58 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores – Cenário B

Nº.	Descrição	Taxa
1	Taxa de juro sem risco (Rf)	3,0%
2	Prémio de risco de mercado(Rm-Rf)	5,0%
3	Beta de referência para o projecto( $\beta$ )	1,25
4	Taxa de rentabilidade exigida(custo de oportu.)	9,25%

Tabela 59 – Custo médio de ponderado de capital investido, WACC, sem poupança fiscal –  
Cenário B

Nº.	Descrição	Taxa	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%	75%	6,95%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	25%	1,51%
3	Custo médio ponderado do Capital			8,47%

Tabela 60 - Custo médio de ponderado de capital investido, WACC, com poupança fiscal –  
Cenário B

Nº.	Descrição	Taxa	IRC	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%		75%	6,95%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	25%	25%	1,13%
3	Custo médio ponderado do Capital				8,09%

Tabela 61 – Estimação da TIR global – Cenário B

nº.	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		25.000,0	47.000,0	114.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	61.815,2	77.162,1	74.958,6	74.652,9
3	Taxa de reinvestimento dos CFEs	6%								
4	CFEs Capitalizados					126.182,05	73.622,85	86.699,32	79.456,09	74.652,87
5	CFEs capitalizados acumulados									440.613,18
6	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,47%	25.000,00	45.128,70	105.174,18	1.178,10	-33,94	0,00	0,00	0,00
7	CI actualizados acumulados		176.447,03							
8	Base de cálculo da TIR global		176.447,03							440.613,18
9	TIR Global	16,48%								

Tabela 62 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário B

nº.	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		25.000,0	47.000,0	114.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	61.815,2	77.162,1	74.958,6	74.652,9
3	Cash - Flows do Investimento(CI) atualizados(WACC)	8,47%	25.000,00	45.128,70	105.174,18	1.178,10	-33,94	0,00	0,00	0,00
4	CI atualizados acumulados		176.447,03							
5	CFE+ VR atualizados(à WACC)	8,47%				84.955,95	48.442,28	55.749,80	49.931,03	45.846,44
6	CFE+VR atualizados acumulados		284.925,50							
7	Índice de entabilidade(IR)	1.615								

Tabela 63 – Estimação do período de recuperação de capital – Cenário B

nº.	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		25.000,0	47.000,0	114.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	61.815,2	77.162,1	74.958,6	74.652,9
3	Cash - Flows do Investimento(CI) atualizados(WACC)	8,47%	25.000,00	45.128,70	105.174,18	1.178,10	-33,94	0,00	0,00	0,00
4	CI atualizados acumulados		176.447,03							
5	CFE+ VR atualizados(à WACC)	8,47%				84.955,95	48.442,28	55.749,80	49.931,03	45.846,44
6	CFE+VR atualizados acumulados		284.925,50							
			-25.000,00	-70.128,70	-175.302,87	-91.525,03	-43.048,81	12.701,00	62.632,03	108.478,46
7	Período de recuperação do Capital (PRC, anos)	3,63								
8	Idem (média)	3,72								

### 8.3.3. Anexo 3.3 – Estudo de viabilidade económica (cenário C)

Tabela 64 – Mapa da realização física do investimento – Cenário C

Descrição	Anos						
	1		2	3	4	5	6
	1ª.S	2º.S					
Projecto	↔						
Acompanhamento de Obra	↔	↔					
Central Geotérmica / Permutadora (1)	↔						
Rede de Calor Geotérmico (2)		↔					
Instalações Permuta (3)		↔					
NFM		↔					

Tabela 65 – Mapa do custo de investimento por datas de pagamento – Cenário C

Descrição	Anos								Sommas
	0	1/2	1	2	3	4	5	6	
Projecto	20.000,00 €								20.000,00 €
Acompanhamento de Obra	5.000,00 €								5.000,00 €
Sistema de Bombagem		57.000,00 €							57.000,00 €
Abertura/tapamento de valas e tubagens			80.000,00 €						80.000,00 €
Instalações Permuta			5.000,00 €						5.000,00 €
Outros gastos			3.000,00 €						3.000,00 €
Investimento em NFM			(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	
Investimento Total	25.000,00	57.000,00	88.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	170.000,00 €

Tabela 66 – Mapa de amortização do valor contabilístico do imobilizado – Cenário C

Componentes	Taxas	Valor de Aquisição	Amortizações Anuais						Valor Residual (Contab.)
			1	2	3	4	5	6	
Projecto	33,33%	20.000,00 €	0,00	6.666,00	6.666,00	6.666,00	2,00	0,00	0,00
Acompanhamento de Obra	10,00%	5.000,00 €	0,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	2.500,00
Central Geotérmica / Permutad	12,50%	57.000,00 €	0,00	7.125,00	7.125,00	7.125,00	7.125,00	7.125,00	21.375,00
Rede de Calor Geotérmico (2)	12,50%	80.000,00 €	0,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	10.000,00	30.000,00
Instalações Permuta (3)	12,50%	5.000,00 €	0,00	625,00	625,00	625,00	625,00	625,00	1.875,00
Outros gastos	33,33%	3.000,00 €	0,00	999,90	999,90	999,90	0,30	0,00	0,00
									0,00
Amortização do Exercício			0,00	25.915,90	25.915,90	25.915,90	18.252,30	18.250,00	55.750,00
Valor Contabilístico		170.000,00	170.000,00	144.084,10	118.168,20	92.252,30	74.000,00		55.750,00

Tabela 67 – Mapa do valor residual do ativo imobilizado – Cenário C

Componentes	Valor Residual Contabilístico	Valor Residual de Mercado Bruto	Mais ou Menos Valia Bruta	Imposto sobre Mais Valias	Valor Residual Líquido	Taxa de IRC
						25%
Projecto	0,00	0,00	0,00			
Acompanhamento de Obra	2.500,00	2.125,00	-375,00			
Central Geotérmica / Permutad	21.375,00	18.168,75	-3.206,25			
Rede de Calor Geotémico (2)	30.000,00	25.500,00	-4.500,00			
Instalações Permuta (3)	1.875,00	1.593,75	-281,25			
Outros gastos	0,00	0,00	0,00			
Soma	55.750,00	47.387,50	-8.362,50	-2.090,63	49.478,13	(*)

Tabela 68 - Mapa de reembolso do empréstimo - Cenário C

ANOS	SEMES	CAP.DIV.	PRESTAÇÕES			CAP.	CAP.DIV.	TAXA DE	PRAZO	PREST.	JURO	AMORTIZ.
INVEST	EMPRÉS	INICIO	JUROS	AM. CAP.	TOTAL	AMORT.	FIM	JURO	CARENC.	C+J	ANUAL	ANUAL
1							102000,0	3%	2	8	0,00	0,00
2	1	102000,0	3060,0	0,000	3060,0	0	102000,0				6120,00	0,00
3	2	102000,0	3060,0	0,000	3060,0	0	102000,0					
4	3	102000,0	3060,0	11.470,552	14530,552	11470,6	90529,4				5775,88	23285,22
5	4	90529,4	2715,9	11.814,668	14530,552	23285,2	78714,8				4357,81	24703,29
6	5	78714,8	2361,4	12.169,108	14530,552	35454,3	66545,7				2853,38	26207,72
7	6	66545,7	1996,4	12.534,182	14530,552	47988,5	54011,5				1257,33	27803,77
8	7	54011,5	1620,3	12.910,207	14530,552	60898,7	41101,3					
9	8	41101,3	1233,0	13.297,513	14530,552	74196,2	27803,8					
10	9	27803,8	834,1	13.696,439	14530,552	87892,7	14107,3					
	10	14107,3	423,2	14.107,332	14530,552	102000,0	0,0					
			20364,4	102000,0	122364,4						20364,4	102000,00
					0,0							



Tabela 69 - Cálculo do investimento em necessidade de fundo de maneo – Cenário C

Nº.	Descrição	Critério	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Vendas (V) (conforme pressupostos)					237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Crédito a Clientes (C)	2,5 M de V				49.500	49.500	49.500	49.500	49.500
3	Existência final de Produtos(PA)	0,5 M de Vx0,80				7.920	7.920	7.920	7.920	7.920
4	Variação da Produção					7.920	0	0	0	0
5	Produção (P = 1+4)					<b>245.520</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>
6	Custo das Matérias Consumidas(CMC)	35% Valor Prod.				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
7	Existência final de Matérias(MP)	1,5 M de CMC				10.742	10.395	10.395	10.395	10.395
8	Existência Inicial de Matérias(MP)						10.742	10.395	10.395	10.395
9	Compras de MP(CMP = 6+7-8)					96.674	82.814	83.160	83.160	83.160
10	Crédito de Fornecedores(F)	1,5 M de CMP				12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
	Síntese:									
A	Necessidades Cíclicas									
	a-Clientes					49.500	49.500	49.500	49.500	49.500
	b-Existência final de Produtos					7.920	7.920	7.920	7.920	7.920
	c-Existência final de Matérias					10.742	10.395	10.395	10.395	10.395
	Total Necessidades Cíclicas					68.162	67.815	67.815	67.815	67.815
B	Recursos Cíclicos									
	d-Fornecedores					12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
	Total de Recursos Cíclicos					12.084	10.352	10.395	10.395	10.395
C	Necessidades de Fundo de Maneio					56.077	57.463	57.420	57.420	57.420
<b>D</b>	<b>Investimento em NFM(=ANFM)</b>				<b>56.077</b>	<b>1.386</b>	<b>-43</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-57.420</b>

Tabela 70 – Mapa do serviço previsional de dívida – Cenário C

N.º	Descrição		Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Empréstimo		0,0	0,0	102.000,0					
2	Reembolso						23.285,2	24.703,3	26.207,7	27.803,8
3	Capital em dívida no final do ano		0,0	0,0	102.000,0	102.000,0	78.714,8	54.011,5	27.803,8	0,0
4	Encargos financeiros de financiamento(EFF),		0%	0,0	0,0	6.120,0	5.775,9	4.357,8	2.853,4	1.257,3
5	Serviço da dívida					6.120,0	29.061,1	29.061,1	29.061,1	29.061,1
6	Poupança Fiscal Potencial	Taxa de IRC	25%			1530,0	1444,0	1089,5	713,3	314,3

Tabela 71 - Mapa do resumo do investimento total e da sua composição – Cenário C

N.º	DESCRIÇÃO							
1	INVEST. CAP. FIXO	170.000,00		DECOMPOSIÇÃO DO CAPITAL PRÓPRIO:				
2	INVEST.NEC. FUNDO DE MANEIO	57.420,00		CAPITAL SOCIAL		50.000,00		
3	INVEST. TOTAL	<b>227.420,00</b>		SUPRIMENTOS DOS SÓCI		75.420,00		
4	FINANCIAMENTO DO INVESTIMENTO					<b>125.420,00</b>		
5	CAPITAL PRÓPRIO	125.420,00	55,15%					
6	EMPRÉSTIMOS BANCÁRIOS	102.000,00	44,85%					
		<b>227.420,00</b>	100,00%					

Tabela 72 – Resultados previsionais – Cenário C

N.º	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Varição da Produção				7.920	0	0	0	0
3	Total de Rendimentos				<b>245.520</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>	<b>237.600</b>
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				35.640	35.640	35.640	35.640	35.640
6	Gastos como Pessoal				24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				11.880	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				157.452	142.800	142.800	142.800	142.800
9	RAIEFA (EBITDA)				88.068	94.800	94.800	94.800	94.800
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				25.916	25.916	25.916	18.252	18.250
11	Encargos financeiros de financiamento				6.120	5.776	4.358	2.853	1.257
12	Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)				56.032	63.108	64.526	73.694	75.293
13	Matéria Colectável (1)				0	119.140	64.526	73.694	75.293
14	Imposto s/ Lucros (25% x13)				0	29.785	16.132	18.424	18.823
15	Resultado Líquido Previsional (=11-13)				<b>56.032</b>	<b>33.323</b>	<b>48.395</b>	<b>55.271</b>	<b>56.470</b>

Tabela 73 – Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário C

N.º	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								47.387,50
2	Valor contabilístico do imobilizado								55.750,00
3	Menos- Valia (1-2)								-8.362,50
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-2.090,63
5	Valor residual do imobilizado(=1+4)								<b>49.478,13</b>
6	Necessidades de fundo de maneio								57.420
7	Imparidades acumulados								11.880
8	Valor residual do activo circulante a recup.								<b>45.540,00</b>

Tabela 74 – Fluxos Financeiros (Cash-flow global) – Cenário C

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				56.032	33.323	48.395	55.271	56.470
2	Amortizações do exercício				25.916	25.916	25.916	18.252	18.250
3	Ajustamentos do exercício				11.880	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				6.120	5.776	4.358	2.853	1.257
5	Cash - Flow de Exploração				99.948	65.015	78.668	76.376	75.977
6	Investimento em Imobilizado	-25.000	-57.000	-88.000					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-56.077	-1.386	43	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								49.478
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								45.540
10	Cash - Flow do Investimento	-25.000	-57.000	-144.077	-1.386	43	0	0	95.018
11	Cash - Flow Global	-25.000	-57.000	-144.077	98.562	65.058	78.668	76.376	170.995

Tabela 75 - Cash-flow do investidor - Cenário C

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow Global(CFG)	-25.000	-57.000	-144.077	98.562	65.058	78.668	76.376	170.995
2	Empréstimos obtidos		102.000						
3	Valores a pagar de juros e amortizações				-6.120	-29.061	-29.061	-29.061	-29.061
4	Cash - Flow Global do Investidor (CFGI)	-25.000	45.000	-144.077	92.442	35.997	49.607	47.315	141.934

Tabela 76 – Demonstração dos resultados previsionais (sem encargos financeiros) – Cenário C

		Anos							
Nº.	Descrição	0	1/2	1	2	3	4	5	6
I	Rendimentos								
1	Vendas(V) (conforme pressupostos)				237.600	237.600	237.600	237.600	237.600
2	Variação da Produção				7.920	0	0	0	0
3	Total de Rendimentos				245.520	237.600	237.600	237.600	237.600
II	Gastos								
4	Custo das Matérias Consumidas				85.932	83.160	83.160	83.160	83.160
5	Materiais e Serviços Externos(15% V)				35.640	35.640	35.640	35.640	35.640
6	Gastos como o Pessoal				24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
7	Imparidades de dívidas (incobrados)(5% vendas)				11.880	0	0	0	0
8	Soma(4+5+6+7)				157.452	142.800	142.800	142.800	142.800
9	RAIEFA (EBITDA)				88.068	94.800	94.800	94.800	94.800
10	Amortizações do Exercício(Exerc.nº5)				25.916	25.916	25.916	18.252	18.250
11	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
12	Resultados antes de Impostos (= 9-10-11)				62.152	68.884	68.884	76.548	76.550
13	Matéria Colectável (1)				0	131.036	68.884	76.548	76.550
14	Imposto s/ Lucros (25%x13)				0	32.759	17.221	19.137	19.138
15	Resultado Líquido Previsional (=11-13)				62.152	36.125	51.663	57.411	57.413

Tabela 77 - Estimação do valor residual do ativo imobilizado e do ativo circulante – Cenário C

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Valor de mercado do imobilizado								47.387,50
2	Valor contabilístico do imobilizado								55.750,00
3	Menos- Valia (1-2)								-8.362,50
4	Poupança fiscal (=25% x3)								-2.090,63
5	Valor residual do imobilizado(=1+4)								49.478,13
6	Necessidades de fundo de maneo								57.420
7	Imparidades acumulados						11.880		
8	Valor residual do activo circulante a recup.								45.540,00

Tabela 78 - Fluxos Financeiros (Free Cash-Flow) – Cenário C

Nº.	Descrição	Anos							
		0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Resultado Líquido Previsional				62.152	36.125	51.663	57.411	57.413
2	Amortizações do exercício				25.916	25.916	25.916	18.252	18.250
3	Ajustamentos do exercício				11.880	0	0	0	0
4	Encargos financeiros de financiamento				0	0	0	0	0
5	Cash - Flow de Exploração				99.948	62.041	77.579	75.663	75.663
6	Investimento em Imobilizado	-25.000	-57.000	-88.000					
7	Investimento em activo circulante (NFM)			-56.077	-1.386	43	0	0	
8	Valor residual do imobilizado								49.478
9	Valor residual do activo circulante(NFM)								45.540
10	Cash - Flow do Investimento	-25.000	-57.000	-144.077	-1.386	43	0	0	95.018
11	Cash - Flow Global	-25.000	-57.000	-144.077	98.562	62.084	77.579	75.663	170.681

Tabela 79 - Demonstração dos fluxos de caixa previsional - Cenário C

Nº.	Descrição	Anos					
		1	2	3	4	5	6
I	Recebimentos de:						
1	Capital Social	50.000,00					
2	Empréstimos Bancários	102.000,00					
3	Suprimentos dos Sócios	75.420,00					
4	Clientes	0,00	188.100,00	237.600,00	237.600,00	237.600,00	237.600,00
5	Total de Recebimentos	<b>227.420,00</b>	<b>188.100,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>	<b>237.600,00</b>
II	Pagamentos a:						
6	Investimentos em Imobilizado	170.000,00					
7	Fornecedores	0,00	84.589,31	84.546,00	83.116,69	83.160,00	83.160,00
8	Custos como Pessoal	0,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00	24.000,00
9	Fornecedores de materiais e serviços	0,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00	35.640,00
10	Instituições financeiras	0,00	6.120,00	29.061,10	29.061,10	29.061,10	29.061,10
11	Reembolso de Suprimentos aos sócios						75.420,00
12	Impostos	0,00	0,00	0,00	29.785,08	16.131,57	18.423,58
13	Total de Pagamentos	<b>170.000,00</b>	<b>150.349,31</b>	<b>173.247,10</b>	<b>201.602,87</b>	<b>187.992,67</b>	<b>265.704,68</b>
14	Varição das disponibilidades(=4-11)	57.420,00	37.750,69	64.352,90	35.997,13	49.607,33	-28.104,68
15	Saldo de disponibilidades período t-1	0,00	57.420,00	95.170,69	159.523,58	195.520,71	245.128,04
16	Saldo de disponibilidades período t	57.420,00	95.170,69	159.523,58	195.520,71	245.128,04	217.023,36

Tabela 80 – Balanço Previsional – Cenário C

Activo	1	2	3	4	5	6
Activo não corrente	170.000,00	170.000,00	170.000,00	170.000,00	170.000,00	170.000,00
Depreciações Acumuladas	0,00	-25.915,90	-51.831,80	-77.747,70	-96.000,00	-114.250,00
Activo corrente						
Inventários						
Matérias-Primas	<b>0,00</b>	10.741,50	10.395,00	10.395,00	10.395,00	10.395,00
Produtos Acabados	0,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00	7.920,00
Clientes	0,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00	49.500,00
Imparidades de dívidas	0,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00	-11.880,00
Caixa e Depósitos Bancários	57.420,00	95.170,69	159.523,58	195.520,71	245.128,04	217.023,36
<b>Total do Activo</b>	<b>227.420,00</b>	<b>295.536,29</b>	<b>333.626,78</b>	<b>343.708,01</b>	<b>375.063,04</b>	<b>328.708,36</b>

Capital Próprio e Passivo	1	2	3	4	5	6
Capital Social	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
Suprimentos dos Sócios	75.420,00	75.420,00	75.420,00	75.420,00	75.420,00	0,00
Resultados Líquidos Acumulados	0,00	56.032,10	89.355,24	137.749,95	193.020,69	249.490,19
<b>Total Capital Próprio</b>	<b>125.420,00</b>	<b>181.452,10</b>	<b>214.775,24</b>	<b>263.169,95</b>	<b>318.440,69</b>	<b>299.490,19</b>
Passivo						
Empréstimos	102.000,00	102.000,00	78.714,78	54.011,49	27.803,77	0,00
Fornecedores	0,00	12.084,19	10.351,69	10.395,00	10.395,00	10.395,00
Estado	0,00	0,00	29.785,08	16.131,57	18.423,58	18.823,17
<b>Total do Passivo</b>	<b>102.000,00</b>	<b>114.084,19</b>	<b>118.851,55</b>	<b>80.538,06</b>	<b>56.622,35</b>	<b>29.218,17</b>
<b>Total do Capital Próprio e Passivo</b>	<b>227.420,00</b>	<b>295.536,29</b>	<b>333.626,78</b>	<b>343.708,01</b>	<b>375.063,04</b>	<b>328.708,36</b>

Tabela 81 – Taxa de rentabilidade exigida pelos investidores –  
Cenário C

Nº.	Descrição	Taxa
1	Taxa de juro sem risco (Rf)	3,0%
2	Prémio de risco de mercado(Rm-Rf)	5,0%
3	Beta de referência para o projecto( $\beta$ )	1,25
4	Taxa de rentabilidade exigida(custo de oportu.)	9,25%

Tabela 82 – Custo médio ponderado de capital – WACC sem poupança fiscal – Cenário C

Nº.	Descrição	Taxa	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%	73%	6,77%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	27%	1,63%
3	Custo médio ponderado do Capital			8,40%

Tabela 83 - Custo médio ponderado de capital – WACC com poupança fiscal – Cenário C

Nº.	Descrição	Taxa	IRC	Ponder.	Peso Rel.
1	Custo do Capital Próprio	9,25%		73%	6,77%
2	Custo do Capital Alheio	6,09%	25%	27%	1,22%
3	Custo médio ponderado do Capital				8,00%

Tabela 84 – Estimação da TIR global – Cenário C

n.º	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flows de Investimento(CI)		25.000,0	57.000,0	144.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	65.014,9	78.668,4	76.376,4	75.976,8
3	Taxa de reinvestimento dos CFEs	6%								
4	CFEs Capitalizados					126.182,05	77.433,81	88.391,85	80.959,01	75.976,83
5	CFEs capitalizados acumulados									448.943,54
6	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,40%	25.000,00	54.745,86	132.907,19	1.179,42	-34,00	0,00	0,00	0,00
7	CI actualizados acumulados		213.798,48							
8	Base de cálculo da TIR global		213.798,48							448.943,54
9	TIR Global	<b>13,16%</b>								

Tabela 85 – Estimação do índice de rentabilidade – Cenário C

n.º	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flows de Investimento(CI)		25.000,0	57.000,0	144.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	65.014,9	78.668,4	76.376,4	75.976,8
3	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,40%	25.000,00	54.745,86	132.907,19	1.179,42	-34,00	0,00	0,00	0,00
4	CI actualizados acumulados		213.798,48							
5	CFE+ VR actualizados(à WACC)	8,40%				85.051,09	51.035,42	56.965,51	51.018,03	46.816,45
6	CFE+VR actualizados acumulados		290.886,51							
7	Índice de rentabilidade(IR)	<b>1,361</b>								

Tabela 86 – Estimação do período de recuperação de capital – Cenário C

n.º	Descrição	Taxas	Anos							
			0	1/2	1	2	3	4	5	6
1	Cash - Flow s de Investimento(CI)		25.000,0	57.000,0	144.077,3	1.386,0	-43,3	0,0	0,0	0,0
2	Cash - Flows de Exploração(CFE)+VR					99.948,0	65.014,9	78.668,4	76.376,4	75.976,8
3	Cash - Flows do Investimento(CI) actualizados(WACC)	8,40%	25.000,00	54.745,86	132.907,19	1.179,42	-34,00	0,00	0,00	0,00
4	CI actualizados acumulados		213.798,48							
5	CFE+ VR actualizados(à WACC)	8,40%				85.051,09	51.035,42	56.965,51	51.018,03	46.816,45
6	CFE+VR actualizados acumulados		290.886,51							
			-25.000,00	-79.745,86	-212.653,05	-128.781,39	-77.711,97	-20.746,46	30.271,58	77.088,03
7	Período de recuperação do Capital (PRC, anos)	<b>4,35</b>								
8	Idem (média)	<b>4,41</b>								